NYPL RESEARCH LIBRARIES
3 3433 08403385 5

Digitized by Google

3-PE

Digitized by Google

Digitized by Google

Geschichte
der
Künste und Wissenschaften
seit der Wiederherstellung derselben bis an das Ende des achtzehnten Jahrhunderts.

Von
einer Gesellschaft gelehrter Männer
ausgearbeitet.

Eilfte Lieferung
enthält
Geschichte der Poesie und Beredsamkeit
von
Friedrich Bouterwek.
Zweyter Band.

und

Geschichte der Physik
von
Joh. Carl Fischer.
Zweyter Band.

Göttingen,
bey Johann Friedrich Röwer.
1802.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Geschichte
der
Physik
seit der Wiederherstellung der Künste und Wissenschaften bis auf die neuesten Zeiten

von

Johann Carl Fischer,
der Philosophie Prof. zu Jena und verschied. gelehrten Gesellschaften Ehrenmitgliede.

Zweyter Band.

Mit sechs Kupfertafeln.

Göttingen,
bey Johann Friedrich Röwer.
1802.

Digitized by Google

Geschichte
der
Künste und Wissenschaften
seit der Wiederherstellung derselben bis an das Ende des achtzehnten Jahrhunderts.

Von
einer Gesellschaft gelehrter Männer
ausgearbeitet.

Achte Abtheilung.
Geschichte der Naturwissenschaften.
I. Geschichte der Naturlehre

von
Johann Carl Fischer.

Zweyter Band.

Göttingen,
bey Johann Friedrich Röwer.
1802.

117

Digitized by Google

Digitized by Google

An die

Herren Pränumeranten

der

Geschichte

der

Künste und Wissenschaften.

Nach der bei der 10ten Lieferung abgelegten Berechnung soll die 11te Lieferung bestehen aus = = 79 Bogen.

Hievon liefere ich jetzt:

Bouterwek Geschichte der Poesie 2. Bd.	$35\frac{1}{2}$ Bogen.
Fischer Gesch. d. Physik 2. Bd. (M. d. 6 Kupf.)	$40\frac{1}{2}$ Bogen.
Summa	76 Bogen.

Mithin wird die folgende (12te) Lieferung, welche zu Michaelis ausgegeben werden wird, der bekannten Einrichtung zufolge aus 95 Bogen bestehen müssen.

Göttingen am 9. May 1802.

J. F. Röwer.

Viertes Kapitel.

Von den Meynungen und Entdeckungen, welche unsere Erde insbesondere angehen.

Gestalt der Erde.

Bisher hatte man unsere Erde als eine vollkommene Kugel betrachtet, und nach dieser Voraussetzung sich bemühet, ihre Größe zu bestimmen. Man war aber hierin noch nicht glücklich gewesen; denn die hiezu nöthige Messung eines gewissen Meridianbogens hatte man durch noch keine genaue Methode unternommen, und selbst der Niederländer Willebrord Snellius, welcher zuerst einen richtigen Weg zur Findung eines solchen Bogens zeigte, hatte bey seiner Messung Fehler entdeckt (Bd. I. S. 136.). Nach des Snellius Art sind nachher viel genauere Messungen ausgeführt worden.

Newton [a]) berichtet, daß in England Norwood im Jahre 1635. zwischen London und York einen Meridiangrad = 367196 londner Fuß oder 57300 Paris. Toisen gefunden habe.

Die berühmteste unter allen Gradmessungen, die in diesem Zeitraume unternommen worden sind, ist die von

a) Princip. philos. natural. lib. III. prop. XIX.

von Picard in Frankreich im Jahre 1669. Dieser bediente sich hierbey sehr genauer und zum erstenmale mit Fernröhren versehener Werkzeuge zur Messung der Winkel, und konnte sich zur ungemeinen Erleichterung bey der Berechnung selbst der Logarithmen bedienen. Seine Dreyeckverbindung machte er zwischen den Parallelkreisen von Malvoisine und Amiens, und fand den Bogen vom Mittagskreise 78907 Toisen; auf eben diese Art maaß er noch einen andern Bogen des Mittagskreises zwischen den Parallelkreisen von Malvoisine und Sourton, und fand denselben 68347 $\frac{1}{2}$ Toisen lang. Um die Polhöhen oder geographischen Breiten dieser Oerter durch astronomische Beobachtungen zu bestimmen, konnte man dergleichen an solchen Stellen, welche mit den dreyen Oertern in gleichem Parallelkreise waren, nicht vornehmen. Zu Malvoisine war der Beobachtungsort 18 Toisen weiter südlich als die südliche Grenze des gemessenen Bogens, und zu Sourton 65 Toisen weiter nördlich als die nördliche Grenze des gemessenen Bogens. Mithin kommen zur Länge 68347 $\frac{1}{2}$ Toisen noch 83 Toisen, und die Summe davon beträgt 68430 $\frac{1}{2}$ Toisen. Die Differenz der Polhöhen oder der geographischen Breiten ward 1° 11″ 57″ gefunden, mithin war die Länge eines Grades $68430\frac{1}{2} \times 3600 : 1° 11' 57'' =$ 57065 Toisen. Der Beobachtungsort zu Amiens war 75 Toisen südlicher als die nördliche Länge des gemessenen Bogens, daher muß die Länge 78907 um 75 vermindert, im Gegentheil auf der andern Seite bey Malvoisine um 18 Toisen vermehrt werden; demnach beträgt die ganze Verminderung 57 Toisen, und die Differenz ist 78850 Toisen. Der Unterschied der Polhöhen oder der geographischen Breiten ward 1° 22′ 55″ gefunden, mithin wäre die Länge eines Gra-

des $78850 \times 3600 : 1^{\circ}\ 22'\ 55'' = 57057$ Toisen. Wenn man aus diesen beyden Zahlen das Mittel nimmt, so würde die Länge eines Grades = 57061 Toisen seyn. Der gemessene Bogen liegt etwa höchstens 80 Toisen über der Meeresfläche, und diese betragen ohngefähr den 40867sten Theil des Erdhalbmessers, welches kaum 8 Fuß machen würde, mithin könnte man ohne merklichen Fehler die Länge eines Grades auf der Meeresfläche 57060 Toisen annehmen, wie auch Picard gefunden hat [b]).

Setzt man also die Erde als eine vollkommene Kugel, so würde hiernach die Größe des Erdhalbmessers $= 180 \times 0,3183 \times 57060 = 3269196$ Toisen oder 19615176 Paris. Fuß sich ergeben.

Zugleich kam Picard zuerst auf den Gedanken, daß bey der Voraussetzung der Umwälzung der Erde um ihre Axe die Körper unter dem Aequator mit geringerer Kraft fallen müßten, als unter den Polen, und er bemerkt, daß daher auch das Sekundenpendel an derjenigen Stelle der Erdfläche in gleicher Zeit mehrere Schwingungen vollenden müsse, wo die Schwere größer wäre. Ueberdem fügt er noch hinzu: verschiedene zu Lion, Bologna und London angestellte Versuche mit dem Sekundenpendel schienen anzuzeigen, daß man es desto mehr verkürzen müsse, je mehr man sich dem Aequator nähere; diesem aber schienen doch andere Erfahrungen zu widersprechen, indem man in Paris und im Haag die Längen des Sekundenpendels gleich groß gefunden habe. Daraus vermuthete schon Picard keine vollkommene Kugelgestalt un-

b) Mésure de la terre. Paris 1671. 8. art. 4.

unserer Erde, und er gab daher der Akademie der Wissenschaften zu Paris den Rath, seine angefangene Messung weiter fortzusetzen, um die wahre Gestalt unserer Erde etwas näher kennen zu lernen.

Im Jahre 1671 gab diese Akademie dem Herrn Richer, der sich damals auf der Insel Cayenne aufhielt, welche bey Südamerika nur 5° nordwärts vom Aequator liegt, den Auftrag, die Länge des Pendels daselbst zu beobachten. Dieser fand [c]), daß seine von Paris mitgenommene Pendeluhr zu Cayenne täglich um 2 Minuten zu langsam gieng, und er mußte die Länge des Pendels um $1\frac{1}{4}$ Linie verkürzen, wenn sie in einer Stunde 3600 Schwünge vollbringen sollte. Nach seiner Zurückkunst in Paris aber mußte er diese Länge wieder abändern und auf die vorige bringen, wenn die Uhr richtig gehen sollte. Hierdurch ward es nun ganz ausser Zweifel gesetzt, daß die Schwere gegen den Aequator zu geringer werde; zugleich gab aber auch diese Erfahrung einen starken Beweis ab, daß sich die Erde um ihre Axe drehe, und daß sie nach Picards Vermuthung von der Kugelgestalt abweiche.

Huygens [d]) gieng schon viel weiter als Picard. Seine Gesetze von der Schwungbewegung im Kreise leiteten ihn auf den Gedanken, daß diejenigen Theile der Erde, welche durch den Schwung gegen den Aequator hin eine Verminderung der Schwere erlitten hätten, mit den schwerern Theilen gegen die Pole zu unmöglich im Gleichgewichte seyn könnten, wenn die Erde als eine vollkommene Kugel angenommen würde.
Er

c) Observations astronomiques et physiques faites à Cayenne. Paris 1679. fol.

d) De causa gravitatis in opp. cura *s' Gravesande*. Lugd. Bat. 1724. 4. To. I.

Er schloß so: nähme man auch an, daß unsere Erde anfänglich eine flüssige Kugel gewesen sey, deren Elemente vermöge der Schwere gegen den Mittelpunkt getrieben werden, so müßten sich diejenigen Elemente, welche dem Aequator näher liegen, durch den täglichen Umschwung um die Axe desto mehr erhoben haben; dies hätte auch erfolgen müssen, wenn gleich die Erde eine feste Masse, ihre Oberfläche aber überall mit Wasser bedeckt, gewesen wäre. Da nun unsere Erde um den Aequator herum wirklich große Meere habe, so müsse ihnen auch der tägliche Umschwung diese angezeigte Gestalt geben. Diese Meere würden nun die angrenzenden Ufer überschwemmen, wenn nicht dieselben auf eben diese Weise gekrümmt und erhoben wären. Es sey also daraus klar, daß das feste Land eben die Gestalt haben müsse, welche der Schwung den Meeren gebe, und es müsse demnach die ganze Erdmasse die Gestalt eines um die Pole zusammengedruckten und abgeplatteten Sphäroids erhalten haben. Daraus folge, daß der Durchmesser des Aequators etwas größer als die Axe von einem Pole zum andern sey. Um diese seine Vermuthung noch mehr zu bestärken, führt er einen Versuch mit einer weichen Thonkugel an, welche an eine Axe gesteckt und schnell herumgedrehet wirklich diese angezeigte Gestalt erhalte, indem sie sich um die Pole abplatte, und im viertel Umkreise davon aufschwelle. Huygens berechnete hieraus die Größe der Schwungkraft und fand sie unter dem Aequator $\frac{1}{289}$ der Schwere. Auch gründete er hierauf eine Berechnung über die Abplattung der Erde, aber er nahm dabey nicht Rücksicht auf die verschiedene Schwere in verschiedenen Entfernungen vom Mittelpunkte. Er setzte voraus, die beyden Längen (fig. 1.) bc und pc wären communicirende Röhren, welche mit Flüssigkeiten

ten

ten von verschiedenem specifischen Gewichte angefüllt seyn; deren Schwere in b (unter dem Aequator) $\frac{1}{289}$ der Schwere, in h, oder der Mitte von bc, die Hälfte davon oder $\frac{1}{578}$, bey c hingegen nichts mehr ausmachen, und die Verminderung, welche die ganze Masse cb an der Schwere erleide, werde sich im Durchschnitte auf den 578ten Theil derselben setzen lassen. Wenn also beyde Säulen pc und bc im Gleichgewichte seyn sollen, so müssen sich nach hydrostatischen Gesetzen die Längen derselben umgekehrt wie die specifischen Gewichte verhalten, mithin müsse auch pc um $\frac{1}{578}$ kleiner als bc seyn, oder die Abplattung würde $\frac{1}{578}$ betragen müssen.

Huygens gieng noch weiter, und bewies, daß, wenn die Umdrehung der Erde 17 mal schneller erfolge, mithin die Schwungkraft 289 mal größer wäre, alsdann die Schwere unter dem Aequator verschwinden würde, wodurch die Erde die größt möglichste Abplattung erhalten, und der Durchmesser des Aequators doppelt so groß als die Erdaxe seyn werde. Ein noch schnellerer Umschwung der Erde würde verursachen, daß die Theile im Aequator von der Schwere nicht mehr zurückgehalten werden könnten, und daher von der Erde entfliehen müßten.

Diese aus richtigen Gründen abgeleitete Vermuthung von der eigentlichen Gestalt der Erde erhielt in der Folge eine völlige Gewißheit. Man glaubte zwar wegen gewisser Gradmessungen, besonders der Franzosen, gerade das Gegentheil behaupten zu können, worüber ein heftiger Streit entstand; genauere Messungen aber zeigten endlich unläugbar, daß die Erde wirklich eine an den Polen abgeplattete sphäroidische Gestalt habe. Die Geschichte hievon gehört jedoch erst in die folgende Periode.

Oberfläche der Erde.

Auf der Oberfläche der Erde geben die Berge und Thäler unläugbare Denkmäler von der veränderten Gestalt der Erdfläche ab. So richtig man aber auch in diesem Zeitraume einsah, daß nicht alle Gebirge Urgebirge, sondern nur entstandene Gebirge seyn müßten, indem die leztern eine ausserordentliche Menge von Seeprodukten enthalten, so hat doch noch kein einziger diese Kenntniß zu allgemeinen Folgerungen über die Entstehung der Berge und die Geschichte der Erde benuzt. Die Mineralogen und Bergwerkskundigen gebrauchten den Unterschied der Ganggebirge und Flözgebirge blos zum Vortheile des Bergbaues ihrer Länder, aber keineswegs zu kosmologischen Folgerungen. Erst in der folgenden Periode wurden die Naturforscher auf die besondere Lage der Gebirge, und ihrer innern Beschaffenheit aufmerksamer.

Die auch noch in diesem Zeitraume angenommene Meynung der meisten Naturforscher, des Ausbruchs der feuerspeyenden Berge durch ein in der Mitte der Erde beständig brennendes Centralfeuer, fieng jedoch schon Gassendi aus folgenden richtigen Gründen zu bestreiten an: es sey eine bekannte Wahrheit, daß gar kein Feuer ohne Luft statt haben, und eine wirkliche Flamme nur von kurzer Dauer seyn könne, wenn der Zugang der freyen Luft versperrt wäre. Gassendi behauptet vielmehr, wenn wirkliche Flamme aus der Erde hervorbreche, sie auch erst zur Zeit des Ausbruchs nicht aus der Mitte der Erde, sondern aus den Hölen und Gängen der Erdrinde hervorbreche, und vorzüglich durch Schwefel und harzige Stoffe ernährt werde. Was aber die Entzündung dieser brennbaren Materien betreffe, so habe man auch hierzu kein

wirkliches Feuer in der Erde nöthig; vielmehr sey es bekannt genug, daß eine Mischung aus Salpeter und Schwefel mit harzigen Stoffen oder lebendigem Kalke durchs Anfeuchten sich von selbst entzünde; eine solche ähnliche Mischung könne aber auch in der Erde statt finden, welche durchs Hinzukommen eindringender Feuchtigkeit in eine Selbstentzündung übergehe.

Auf eine ähnliche Art sucht Gassendi die Erscheinung der Erdbeben zu erklären. Die damalige herschende Meynung, daß die Erdbeben von einem heftigen Winde in den Hölungen und Spalten der Erde entstünden, bemühete er sich zuerst zu widerlegen; dagegen hält er es für wahrscheinlich, daß eine Mischung von schweflichten, ölichten und nitrösen Dünsten in den unterirdischen Hölen sich entzündete, und durch eine ausserordentliche Ausdehnung die angrenzende Erdrinde mit Gewalt erschütterte. Auch Cartesius[e]) erklärte die Erdbeben aus der starken Ausdehnung ölichter grober Dämpfe, welche dem Rauche eines so eben verlöschten Lichtes nicht unähnlich wären, und in den Ritzen und Spalten der Erde entzündet würden.

Athanasius Kircher[f]) ward durch die bekannte explodirende Kraft des Salpeters beym Verpuffen veranlaßt, die Erdbeben von den durchs Centralfeuer der Erde in den Hölen und Gängen derselben entzündeten Salpeterdämpfen abzuleiten; diese suchten sich nämlich mit der größten Vehemenz einen Ausweg zu verschaffen und brächten dadurch die Erdfläche in eine gewaltsame Erschütterung. Dagegen nimmt Des

cha-

e) Princip. philos. Pars IV. prop. LXXVII.

f) Mundus subterraneus. Amstel. 1665. fol. T. I. lib. VI. sect. II. cap. 2. conseqq.

chales[8]), um die Erdbeben begreiflich zu machen, theils Wasserdämpfe, theils aber auch wirklich entzündete Ausdünstungen an; die erstern entstünden nämlich durch Einwirkung der unterirdischen Feuer auf das in den Gängen und Klüften der Erde enthaltene Wasser, und da sie einen Raum einnähmen, welcher über 10000 mal größer als der des Wassers wäre, so müßten sie nothwendig, indem sie einen Ausgang suchten, die Erdfläche erheben, und sie mit der größten Gewalt erschüttern. Die wirklich entzündeten Ausdünstungen hält er für solche, welche entweder schweflichter Natur sind, oder welche eine Mischung von leicht entzündbaren Stoffen ausmachen. — Obgleich Dechales damaliger Zeit die erstaunende Wirkung der Wasserdämpfe noch nicht so bestimmt kannte, als sie in den neuern Zeiten erörtert worden ist, so scheint es ihm doch ziemlich ausgemacht zu seyn, daß die Wasserdämpfe eine vorzügliche Rolle bey dem Erdbeben spielen. —

Die Theile des großen Weltmeeres, welche sich tief zwischen dem festen Lande hinein erstrecken, heißen, wie bekannt, Meerbusen oder Golfen (sinus). Gemeiniglich sind diese mit dem Ocean durch Meerengen, Straßen, verbunden. Der merkwürdigste und größte von diesen ist das mittelländische Meer, welches sich zwischen Europa, Afrika und Asien über 50 Grad weit ins Land erstreckt, und bloß durch die Meerenge bey Gibraltar mit dem atlantischen Meere zusammenhängt. Wegen seiner ansehnlichen Größe wird es wieder in verschiedene Theile abgetheilt, wovon besonders das schwarze Meer, das ägeische Meer,

8) Tractatus de meteoris in opp. T. IV. p. 691.

Meer, das Mare di Marmora, und das adriatische Meer zu bemerken sind. Das schwarze Meer ist mit dem Mare di Marmora durch die Straße bey Constantinopel (bosphorus Thracicus), und dieses mit dem ägeischen Meere durch den Hellespont oder die Dardanellen verbunden. Bey dem mittelländischen Meere ist vorzüglich dies merkwürdig, daß man an ihm kein Anwachsen des Wassers wahrnimmt, ohnerachtet sich darin eine ungeheure Menge Wassers ergießt, ohne daß es irgend einen Abfluß ins Weltmeer hätte. Hier entsteht also die Frage, wo dieses Wasser bleibe? Athanasius Kircher [h]), welcher eine Verbindung aller Meere unter einander durch unterirdische Canäle annimt, glaubt, es fließe durch solche Gänge besonders unter der Landenge zwischen Afrika und Asien ab. In der Folge der Zeit hat man doch dies nicht für wahrscheinlich gehalten, und andere Ursachen angeführet, die weiter unten erst beyzubringen sind.

Daß das Meerwasser sein Salz von Salzlagern und Salzbergen im Grunde des Meeres erhalten habe, glaubten die meisten Schriftsteller dieses Zeitraumes, wie Gassendi, Varenius, Boyle und andere. Daher komme es auch, sagt Kircher [i]), daß das Meerwasser desto mehr Salz enthalte, je tiefer man auf den Grund komme. Auch giebt Kircher einen Grund an, warum das Wasser unter der heißen Zone mehr Salz enthalte, als das unter den gemäßigten und kalten Zonen; es sey nämlich die Einwirkung der Sonnenwärme unter der heissen Zone weit größer als unter den übrigen Zonen, mithin sey auch da-

h) Mundus subterraneus. T. I. lib. II. §. 1. p. 87.
i) ibid. T. I. lib. III. cap. IV. p. 165.

daselbst die Ausdünstung stärker, und überdem der Regen nicht so häufig, wie an andern Orten der Erde, daher müsse eine größere Menge von fixem Salze zurückbleiben. Ausser dieser Ursache über den größern Salzgehalt unter der heissen Zone führt Varenius k) noch fünf andere Ursachen an: die erste liege in der Wärme des Wassers selbst, denn je wärmer dasselbe sey, desto stärker empfinde man auf der Zunge das Salz; die zweyte Ursache sey die größere Menge von Salzlagern und Salzadern, welche sehr wahrscheinlich unter der heissen Zone am größten sey; die dritte Ursache rühre von der geringen Menge des unter der heißen Zone herabgefallenen Regens her, denn gerade in den Monaten, wo es daselbst regne, enthalte das Meerwasser weit weniger Salz, als in denjenigen, wo es gar nicht regne; die vierte Ursache setzt er in der stärkern Auflösung des Salzes unter der heissen Zone, indem es bekannt sey, daß warmes Wasser mehr Salz aufgelöset enthalten könne, als kaltes: die fünfte Ursache endlich liege in der Ergießung der Flüsse ins Meer; denn gerade da, wo sich diese ergießen, sey das Meerwasser beynahe süß, und erst in einer sehr großen Entfernung von dem Ausflusse ins Meer werde der Salzgeschmack des Meeres bemerkbar.

Da das Seewasser einen äußerst ekelhaften bittern Geschmack besitzt, und folglich nicht trinkbar ist, es gleichwohl für die Seefahrt wegen des öftern Mangels an süßem Wasser eine äußerst wichtige Sache ist, das Meerwasser trinkbar zu machen, so konnte es nicht fehlen, daß man sich gar bald an dieses Problem machte. Es hat aber dieses viele Schwierigkeiten ge-

k) Geographia generalis. Pars absoluta. cap. XIII. prop. X.

gefunden. Anfänglich glaubte man, es sey möglich, das Meerwasser durchs Filtriren trinkbar zu machen; allein alle Vorschläge hiezu sind unzureichend gefunden worden. Selbst in diesem Zeitraume waren alle Bemühungen, diesen Zweck zu erreichen, noch fruchtlos. Man glaubte allgemein [l]), der ekelhafte bittere Geschmack des Meerwassers rühre von einem beygemischten Erdharze oder Bergfette her, und es sey daher eine simple Destillation keinesweges hinreichend, um trinkbares Wasser zu erhalten, indem das flüchtige Erdharz mit übergehe. Man hielt es daher für unmöglich, dem Meerwasser die Bitterkeit ohne Zusatz einer fremdartigen Materie, welche das flüchtige Erdharz bey der Destillation fixire, zu benehmen. Auf solche Art destillirte Hauton [m]) das Meerwasser über fixes Alkali, und meinte das Uebergegangene durch eine Erde zu reinigen. Indessen hatte schon Thomas Bartholinus [n]) bemerkt, daß das Eis des Meerwassers ohne Salz sey, und einen süßen Geschmack besitze; die Stelle ist folgende: de glacie ex marina aqua certum est, si resolvatur, salsum saporem deposuisse, quod etiam non ita pridem expertus est Cl. *Jacobus Finckius*, Academiae nostrae senior et professor physices bene meritus, diss. de thermoscopio th. 80. in glacie frustis et partu nostro allatis. Auch führt Boyle [o]) an, daß sich die Brauer zu Amsterdamm statt des süßen Wassers des aufgethaueten Seewas-

l) S. *Boyle* observationes de salsedine maris. cap. III.

m) Philosophic. transact. no. 67. p. 2048.

n) De nivis usu medico observationes variae, acc. *Erasmi Bartholini* de figura nivis dissert. Hafniae 1661. 12. cap. IV. p. 42.

o) New experiments and observations touching Cold. Lond. 1665. 4. p. 50.

wassereises zum Bierbrauen bedienten. Athanasius Kircher[p]) führt sogar eine Ursache an, warum das Seewassereis süßes Wasser enthalten müsse; der in dem kalten Erdstriche sehr häufige Regen und Schnee bringe nämlich süßes Wasser aus der Atmosphäre herab, welches aber specifisch leichter als das salzige Seewasser sey, mithin auf diesem schwimme. Beym Froste nun, wo das Wasser durch die Kälte verdichtet werde, sinke das salzige Seewasser eben wegen seiner größern specifischen Schwere noch tiefer hinab, wodurch nothwendig das obere zu Eis gewordene Wasser süß werden müsse. In der Folge hat es sich auch wirklich bestätigt, daß sich das Meerwasser durchs Gefrieren trinkbar machen läßt. Die Seefahrer können aber dieses Mittel nur selten anwenden; daher war man genöthigt auf andere Mittel zu denken, die weiter unten angezeigt werden.

Weil alle Gewässer des festen Landes ins Meer sich ergießen, so scheint es, als ob das Meerwasser beständig zunehmen, und zuletzt die Ufer überschwemmen müsse. Allein die Erfahrung lehrt, daß es zu allen Zeiten fast gleich hoch steht; daher entstehet die Frage, wo das Wasser hinkomme? Die gemeine Meynung damaliger Zeit war, daß es durch unterirdische Gänge abgeführt werde, und Cartesius[q]) besonders hält dafür, es kehre durch diese zu den Quellen wieder zurück, und mache gleichsam in der Erde einen ähnlichen Kreislauf, wie das Blut in den Venen der thierischen Körper.

Was endlich die Bewegungen des Meerwassers anlangt, so hat man diese auf verschiedene Art begreif-
lich

p) Mundus subterraneus. T. I. p. 166.
q) Princip. philosoph. P. IV. prop. LXV.

lich zu machen gesucht. In Rücksicht der Ebbe und Fluth haben die Physiker dieses Zeitraums insgesammt die genaue Verbindung des Mondes mit dieser Erscheinung erkannt; dennoch leiteten sie sie aber nicht alle aus einer besondern Wirkung des Mondes ab, und überhaupt vermochte es kein einziger, die Ursache dieser wichtigen Erscheinung vor Newton bestimmt anzugeben.

Cartesius [r]) erklärt die Ebbe und Fluth aus seinen Wirbeln. Er nahm nämlich an, der Wirbel des Mondes werde beym Durchgange desselben durch den Mittagskreis dem Wirbel unserer Erde begegnen, dadurch würden aber beyde, weil der Raum zwischen beyden Körpern enger werde, in eine schnellere Bewegung gerathen, also auf das Meer drucken und es nöthigen, gegen die Küsten aufzusteigen. Weil aber der Wirbel, in welchem der Mond um die Erde herumgeführt werde, nicht genau rund sey, und der kürzere Diameter den Wirbel des Mondes im Voll und Neumonde senkrecht schneide, daher alsdann der Raum zwischen beyden Körpern am engsten werde, so müsse auch zu dieser Zeit die Ebbe und Fluth größer, als in den übrigen Stellungen des Mondes seyn. Ueberdem befinde sich der Mond beständig in der Nähe der Eklipik; die Erde aber mache ihre tägliche Umwälzung um ihre Axe nach der Richtung des Aequators, und beyde Kreise durchschnitten einander in den Nachtgleichen, in den Sonnenstillstandspunkten hingegen wären sie am weitesten von einander entfernt, mithin erfolgten die stärksten Fluthen um die Zeit der Nachtgleichen u. s. f. — Allein diese Hypothese des Cartesius ist schon deßwegen unrichtig, weil sie der Erfahrung gera-

r) Princip. philosoph. P. IV. prop. XLIX. sqq.

rade zu widerspricht; denn vermöge dieser ist es völlig erwiesen, daß das Wasser beym Durchgange des Mondes durch den Mittagskreis sich erhebt und keinesweges niedergedruckt werde. Außerdem kann aber auch hiernach die zweyte Fluth nicht erklärt werden, welche erfolgt, wenn der Mond durch den Mittagskreis unter dem Horizonte durchgehet. —

Schyrläus de Rheita [s]) und andere nehmen an, die Luft werde durch das Mondenlicht verdünnt, und verursache durch den Druck auf die Meeresfläche, daß sich das Wasser gegen die Küsten erheben müsse; nachdem aber die Luft wieder erkalte, und in den vorigen engen Raum zurückkehre, fließe auch das Wasser zurück. — Man sieht wohl, daß sich hier eben das einwenden läßt, was der Cartesianischen Hypothese entgegen steht. —

Cabäus meint [t]), die Ebbe und Fluth entstehe von geistigen Substanzen, welche durch eine besondere Kraft des Mondes auf dem Grunde des Meeres erregt würden, und die den spirituösen Theilen des Salpeters und Schwefels ähnlich wären. Dagegen hält Furnerius [u]) diese Erscheinung lieber für ein Geheimniß der Natur, er meint aber doch, es sey wahrscheinlich, daß der Mond die Dämpfe und Ausdünstungen, welche das Meerwasser enthalte, zur Bewegung antreibe, und dadurch selbst das Wasser mit bewege.

Isaak Vossius [v]) behauptet, der Mond habe gar keinen Einfluß auf die Ebbe und Fluth, ob er gleich

s) Oculus Enochi et Eliae. lib. IV. cap. 3.
t) 2. meteororum textu 6. qu. 9.
u) Hydrographia. lib. 9. cap. 8.
v) De motu marium et ventorum liber singularis. Hagae-Comit. 1663. 4.

gleich die Regelmäßigkeit derselben mit dem Mondlaufe anerkennt. Er leitet sie vielmehr von der Einwirkung der Sonnenwärme ab; diese dehne das Wasser an denjenigen Stellen am stärksten aus, wo die Strahlen am senkrechtsten auffielen; daher schwelle es daselbst auf und bewirke Fluth; nachdem aber beym Fortgange der Sonne jenes Wasser wieder erkalte, ziehe es sich in den vorigen engen Raum zusammen, und verursache dadurch die Ebbe.

Athanasius Kircher w) hingegen sucht die Hauptursache in dem Monde. Dabey nimmt er aber folgende drey Voraussetzungen an: 1. es finde zwischen dem Monde und der Erde eine gewisse Sympathie statt, welche von der Aehnlichkeit und einem gewissen Verhältnisse der materiellen Stoffe in der Mischung beyder Körper herrühre; 2. diese auf unsere Erde einwirkende Eigenschaft des Mondes sey eine Qualität, welche in der ganzen ähnlichen Substanz des Mondes ihren Grund habe, und selbst bey dazwischen liegenden Hindernissen durchdringend sey; 3. besitze der Mond im Ganzen verhältnißmäßig die nämlichen materiellen Stoffe in seiner Mischung wie unsere Erde. So bestehe der Mond aus Erde und Wasser, mit allen möglichen Arten von Salzen untermischt, gerade wie unsere Erdkugel. Eben wegen dieser so großen Aehnlichkeit des Mondes mit der Erde soll eine gegenseitige Einwirkung statt finden, so daß das Mondenlicht, so bald es nur die Meeresfläche bescheine, die nitrösen Geister, welche das Meer in seinem natürlichen Zustande zurückhalte, gleichsam auflebe, dadurch das Meer in Bewegung bringe, und das Wasser erhebe. Da also die

w) Mundus subterraneus T. I. lib. III. cap. 2.

die nitrösen Geister einen größern Raum suchten, so müßten sie nothwendig das Wasser nach allen Seiten hin forttreiben und es erheben, bis der Mond seine gröste Höhe erreicht habe, da alsdenn das mit Gewalt in die Höhe getriebene Wasser wegen seines eigenen Gewichtes sich nicht mehr erhalten könne, und daher wieder zurückfließe.

Wallis x) sucht die Erscheinungen der Ebbe und Fluth aus der Bewegung des gemeinschaftlichen Schwerpunktes der Erde und des Mondes abzuleiten. Er meint nämlich, man könne den Mond und die Erde in einer solchen genauen Verbindung betrachten, daß ihnen ein gemeinschaftlicher Schwerpunkt zukomme, welcher in der geraden Linie zwischen den Mittelpunkten des Mondes und der Erde liege. Wenn man daher von der jährlichen Bewegung der Erde um die Sonne rede, so müsse man nicht auf den Mittelpunkt der Erde, sondern vielmehr auf den gemeinschaftlichen Schwerpunkt beyder mit einander verbundener Körper sehen. Aus dieser Hypothese leitet nun Wallis durch höchst verwickelte und wenig gegründete Schlüsse die Ebbe und Fluth ab, welche ihm selbst nicht völlig Genüge thun, da er freymüthig bekennt, daß er von der Ebbe und Fluth keine genaue historische Kenntniß besitze.

Honoratus Fabri y) hält den Mond nicht für die Ursache der Ebbe und Fluth, sondern meint bloß, daß er zu dieser wichtigen Erscheinung Veranlassung gebe. Es sollen nämlich sowohl die Mondskugel als Erdkugel Wirkungskreise von Gravitationen be-

x) De aestu maris in opp. T. II. p. 737. sqq.
y) Tom. III. physices, tract. 6. lib. 3.

besitzen, welche einander berührten; dadurch würde aber beym verschiedenen Stande des Mondes die Atmosphäre unserer Erde auf verschiedene Art modificirt, so daß sie einen ungleichen Druck auf die Erdfläche ausübe, wodurch auch das Wasser verschiedentlich bewegt werde.

Noch andere Physiker, wie Theodor Moretus[z]), behaupteten, der Mond sey ein wirklicher Magnet, und ziehe bey seinem Durchgange durch den Mittagskreis vermöge seiner magnetischen Kraft das Meerwasser auf eine merkliche Höhe und verursache dadurch an den Küsten eine Ebbe; nachher aber fließe das erhobene Wasser wieder zurück, und bewirke dadurch eine Fluth. Zu dieser Meynung hatte besonders der englische Arzt, William Gilbert, Veranlassung gegeben. Dieser zeigte nämlich sehr befriedigend, daß unsere Erde ein wirklicher Magnet sey (Th. I. S. 247). Da man nun den Mond als einen unserer Erde ähnlichen Körper betrachtete, so hielt man auch diesen für einen Magnet. — Der Gedanke von der anziehenden Kraft des Mondes hat überhaupt beständig den grösten Beyfall erhalten; allein man glaubte, diese Kraft rühre von einer Sympathie des Mondes und der Erde her. Eigentlich war es in der That so schwer nicht, auf eine allgemeine Verbindung der Himmelskörper durch Anziehung gegen einander zu verfallen, indem die Erscheinung der Ebbe und Fluth selbige in Ansehung des Mondes gegen die Erde so offenbar bewies, und auch schon Simon Stevin die Regelmäßigkeit derselben nicht anders darthun konnte, als wenn

z) Tract. physico-mathemat. de aestu maris. Antwerp. 1665. 4.

wenn er voraussetzte, der Mond wirke auf unsere Erde durch Anziehung (s. Th. I. S. 145). —

Was die andere Bewegung des Meerwassers von Morgen gegen Abend betrift, welche man gewöhnlich Ströme nennt, so hat man auch diese auf verschiedene Art zu erklären gesucht. Cartesius [a]) leitet sie, so wie die der Ebbe und Fluth, aus der Bewegung des Erd- und Mondwirbels ab; indem sich nämlich unsere Erde mit ihrem Wirbel um eine Axe von Morgen gegen Abend drehe und der Raum zwischen dem Monde und der Erde enger werde, so drücke auch die feine Materie der Wirbel das Wasser vorwärts oder von Morgen gegen Abend, und verursache dadurch einen beständigen Umlauf nach dieser Richtung.

Georg Furnerius [b]) führt als Ursache dieser Bewegung die Sonnenwärme an; diese erhebe die Dünste von der Meeresfläche, ziehe dieselben beym Umlaufe um die Erde mit sich fort, und verursache, daß dadurch ein leerer Raum entstehe; welcher durch Nachfolge des Wassers wieder ausgefüllt werde. Außer dieser Ursache des Furnerius nimmt Riccioli [c]) noch den beständigen Wind von Osten gegen Westen zu Hülfe, welcher dem Meerwasser eine gleichmäßige Bewegung nach derselben Richtung mittheile.

Isaak Vossius [d]) schreibt die Ursache dieser Bewegung ganz allein der Sonnenwärme zu; diese deh-

a) Princip. philos. Pars IV. prop. LIII.
b) Hydrographia lib. XI. cap. 23.
c) Geographia et hydrographia. Bonon. 1661. fol. lib. X. cap. III. p. 432.
d) De motu marium et ventorum liber. p. 3.

dehne das Wasser aus, und erhebe es gerade an denjenigen Stellen am meisten, wo die Sonnenstrahlen am senkrechtsten auffielen. Da nun beym Fortgange der Sonne die vorher erwärmte und ausgedehnte Meeresfläche höher erhaben wäre als die folgende noch nicht erwärmte, so müßte nothwendig das Wasser von der erhabenen nach der niedrigen hinfließen, mithin einen beständigen Strom von Abend gegen Morgen bewirken.

Auch Athanasius Kircher[e]) leitet die Bewegung des Meerwassers von Morgen gegen Abend von der Sonnenwärme her, nimmt aber nicht, wie Vossius, die Ausdehnung des Wassers durch die Sonnenwärme an, sondern glaubt vielmehr mit Furnerius und Riccioli, daß, besonders unter der heissen Zone, die Ausdünstung ausserordentlich stark sey, und daß beym Aufsteigen derselben von der Meeresfläche das Wasser gleichsam mit fortgezogen werde. Daß dies die wahre Ursache dieser Bewegung sey, beweiset er sogar durch folgenden Versuch: wenn man eine glühende metallene Kugel mit einer Zange fest halte, und diese nahe an der Oberfläche des in einem langen Gefäße befindlichen Wassers, ohne es zu berühren, langsam der Länge nach hinwegführe, so erfolge eine Bewegung des Wassers nach der Richtung der fortbewegten Kugel, gleichsam als ob es in einem Canale fortfließe. Hier soll die glühende Kugel die Sonne vorstellen.

Die meisten Copernicaner dieses Zeitraums scheinen doch etwas richtiger, so wie Galilei die Ebbe und Fluth zu erklären suchte, diese Bewegung aus der täglichen Umdrehung der Erde um ihre Axe abzuleiten. Denn

e) Mundus subterraneus. T. I. lib. III. cap. 2. p. 124

Denn die schnelle Umwälzung derselben verursache, daß sie allem, was auf ihrer Oberfläche sich befinde, eine gleichmäßige Bewegung mittheile. Weil aber das Wasser unter sich nicht so fest zusammenhange, wie das feste Land, so könne es auch der Umdrehungsbewegung der Erde nicht so schnell folgen, sondern es werde zurückbleiben; mithin habe es das Ansehen, als ob sich das Wasser von Osten gegen Westen fortbewege [f]). — Indessen ist es doch gewiß, daß dies die einzige Ursache dieser Bewegung des Weltmeeres nicht ist; vielmehr vereinigen sich mehrere Umstände, welche dazu Veranlassung geben, wie die Folge weiter zeigen wird. —

Was endlich die dritte Bewegung des Meerwassers von den Polen gegen den Aequator zu betrifft, welche jedoch von den neuern Seefahrern nicht mehr erwähnt wird, so haben die Naturforscher dieses Zeitraums ebenfalls verschiedene Meynungen darüber gehabt. Franciscus Vallesius [g]) meinte, die Bewegung hänge von den Winden ab, welche von den Polen gegen den Aequator wehen. Allein die Seefahrer haben wahrgenommen, daß auch bey völliger Windstille die Schiffe von den Polargegenden nach Mittag weit geschwinder als wieder zurück segeln. Daher glauben Furnerius [h]) und Franciscus Resta [i]) vielmehr, diese Bewegung des Meerwassers müsse der Einwirkung der Sonnenwärme zugeschrieben werden; die-

se

f) S. *Varenii* geographia generalis. Pars absol. lib. I. c. XIV. prop. IX.

g) Sacra philosophia. cap. 20.

h) Hydrographia lib. IX. cap. 22.

i) Lib. 3. de meteoris aqueis tract. 1. de mari. cap. 16.

se verursache nämlich, daß das Wasser unter der heissen Zone in größerer Menge verdunste, und daher weit niedriger stehe, als gegen die Pole hin, mithin müsse es wegen des Gleichgewichtes beständig von den Polen gegen den Aequator zu fließen, und dadurch einen Strom veranlassen. Auch Bartholinus Mastrius[k]) leitet diesen Strom von der Sonne ab, meint aber, die ausserordentliche Sonnenwärme unter der heissen Zone verwandele das Wasser daselbst in Luft, und nahe an den Polen ergieße sich eine ungeheure Menge Schneewasser ins Meer, das gegen den Aequator hin fließe. Ferner schreibt Bartholomäus Crescentius[l]) diese Bewegung der Sonne auf folgende Art zu, daß sie das Wasser unter der heissen Zone wegen der starken Ausdünstung in seiner Oberfläche nicht erniedrige, sondern daß sie vielmehr das Wasser an sich ziehe, hienächst in Dampf, und endlich in Luft verwandele; um diese Stellen wieder auszufüllen, fließe das Wasser von den übrigen Meeren wegen einer Verbindung unter einander gegen den Aequator zu. Cabäus[m]) setzt wiederum die Ursache dieser Bewegung in die ausserordentliche Verdunstung des Meerwassers unter dem Aequator, und in den häufigen Regen und Schnee in den Polargegenden; damit aber nun ein beständiges Gleichgewicht des Meerwassers statt finde, so fließe das Wasser von beyden Polen gegen den Aequator hin. Eben dieser Meynung ist auch Riccioli[n]).

Es giebt auf dem festen Lande große Sammlungen von stehendem Wasser, welche in keiner sichtbaren, we-

k) Disput. 4. de coelo et meteoris. q. 4. num. 148.
l) Nauticae mediterraneae lib. 3. cap. 2.
m) 2. meteoror. textu 6. qu. 2.
n) Geographia et hydrographia. lib. X. cap. III. §. 2.

wenigstens in keiner unmittelbaren Verbindung mit dem Weltmeere stehen, und welche man Seen nennt. Gewöhnlich theilt man sie in eigentliche Seen und Sümpfe ein; unter jenen versteht man diejenigen großen Gewässer, welche einen sichtbaren Abfluß haben, unter diesen aber diejenigen, an welchen man gar keinen Abfluß bemerkt. Einige von diesen sind dem Physiker sehr merkwürdig.

Von den eigentlichen Seen mit sichtbaren Abflüssen hat man von jeher nicht daran gezweifelt, daß ihre veränderliche Höhe, die sie jährlich erleiden, theils von sehr starken Regengüssen, theils von geschmolzenem Schneewasser in Gebirgen, wenn dieses dem Seewasser zufließt, theils aber auch von der zu verschiedenen Zeiten ungleichen Menge Wassers, das sich aus Bächen, Quellen und Flüssen in die Seen ergießt, entstehe. Es giebt aber auch Seen, welche zu gewissen Zeiten alles Wasser verliehren und ganz trocken werden. Einer der merkwürdigsten dieser Art ist der Czirknitzer See in Crain. D. Brown [o]) giebt zuerst eine Beschreibung davon. Sonst findet man ihn auch bey Valvasor [p]) und an andern Orten [q]) beschrieben. Die Beobachtungen, welche man an diesem See gemacht hat, sind folgende: die Länge desselben erstreckt sich auf eine deutsche Meile, die Breite auf eine Stunde, er ist ohngefähr 15 Fuß tief, und erhält aus 8 Flüssen Wasser. Gewöhnlich fängt er um Jakobi, zuweilen auch erst im August zu sinken an, und

o) Philosoph. transact. n. 57. p. 1080. no. 109. p. 194.
p) Ehre des Herzogthums Crain. Laibach 1689. fol. T. I.
q) Acta eruditor. Lips. Dec. 1680. p. 634. sqq. und Philos. transact. n. 191. p. 111.

und wird etwa in 25 Tagen so leer, daß die dortigen Bewohner drey Wochen darauf aus den auf dem Boden gewachsenen Grase Heu machen. Ja es werden selbst einige Stellen mit Hirsen besäet, welcher noch vor dem Wiederkommen des Wassers reif wird. Der Abfluß und der nachherige Zufluß des Wassers geschiehet durch Löcher und steinigte Gänge, wodurch das Wasser so schnell hervorkommt, daß der See gemeiniglich binnen 18 bis 24 Stunden völlig angefüllt ist. Einige Oefnungen bringen klares Wasser hervor, andere eine Menge Fische, und noch andere schwarze nicht längst ausgebrütete Wasservögel. Dergleichen Veränderungen an diesem See geschehen bisweilen des Jahres zwey bis dreymal, bisweilen in einigen Jahren gar nicht; jedoch ist er nie ein ganzes Jahr hindurch trokken. Dieses seltsame Phänomen hat man sehr glaubwürdig aus einer Menge unterirdischer Heber abgeleitet.

Die Seen ohne sichtbaren Abfluß, oder die eigentlichen Sümpfe, erleiden in ihrer Höhe keine merkliche Veränderung, obgleich oft viele und ansehnliche Flüsse ihr Wasser in ihnen absetzen. Einer der vornehmsten und merkwürdigsten von diesen ist der kaspische See, sonst auch das kaspische Meer (mare Hyrcanum s. Caspium) genannt. Er ist ohngefähr 7820 Quadratmeilen groß, und in der Mitte über 300 Fuß tief. In diesen See ergießt sich eine sehr große Menge Wassers, und gleichwohl nimmt man an ihm weder einen Abfluß noch eine Zunahme seiner Höhe wahr. Um nun zu erklären, wo dieses Wasser hinkomme, hat man eine unterirdische Verbindung der kaspischen See mit dem schwarzen Meere oder mit dem persischen Meerbusen angenommen. Kircher [r]) sucht dieses

r) Mundus subterraneus. T. I. lib. II. cap. XIII. §. 1.

dieses aus folgenden Erscheinungen zu erweisen: er führt nämlich aus einem persischen Schriftsteller an, daß das schwarze Meer unruhig werde, wenn der Ostwind auf der kaspischen See stürme, und hinwiederum diese letztere unruhig sey, wenn der Westwind das schwarze Meer bewege; imgleichen, daß man an den Ufern des schwarzen Meeres Auswürfe von Seegräsern, Schlangen und Bäumen finde, die man sonst nur im kaspischen See antreffe. Aller dieser angeführten Erscheinungen ungeachtet haben aber doch die folgenden Naturforscher Umstände angeführt, welche auf eine ganz andere Ursache hinzuweisen scheinen.

Daß die meisten und grösten Flüsse des festen landes von den Quellen entspringen, ist von jeher als etwas bekanntes angenommen worden. Hiebey ist besonders für den Physiker die Frage wichtig, auf welche Art das Wasser zu den Quellen kommen könne, indem diese um ein beträchtliches höher, als die Meeresfläche liegen? Diese Frage ist von den Naturforschern dieses Zeitraumes eben so verschiedentlich, als vormals, beantwortet worden.

Cartesius [s]) nimmt an, unter der Erde befänden sich eine große Menge von Hölen, die durch unterirdische Canäle mit dem Meere in Gemeinschaft stünden, und mit Meerwasser angefüllt wären; dieses Wasser werde nun durch innere Wärme in Dämpfe verwandelt, steige in dieser Form durch die engen Gänge der Gewölbe, welche die Hölen bedecken, bis zu den Spitzen der höchsten Berge, und werde durch die Kälte wieder verdichtet und in Wasser umgebildet. Dies so verdichtete Wasser könne aber wegen der engen

s) Princip. philosoph. P. 4. propos. 64. sq.

gen Gänge nicht wieder zurückkehren, sammle sich folglich in Adern an, deren mehrere sich vereinigten, und als Quellen ausbrächen, einzeln aber beym Brunnengraben in der Tiefe angetroffen würden. Nach Kircher [t]) besitzen die unterirdischen Hölen Decken, welche den Helmen der Destillirkolben ähnlich sind, an welchen sich die aus dem Meerwasser aufgestiegenen Dämpfe zu Tropfen verdichten, und an den Seiten bis in die daselbst befindlichen Behältnisse ablaufen. Auf solche Art soll das Meerwasser durch eine wirkliche Destillation von seinem Salze befreyet, und die Ursache der Quellen werden. — Es lehrt zwar die Erfahrung, daß es unter der Erdfläche wirklich große Hölen giebt, auf deren Boden sich Wasser befindet; allein sie haben weder die Form, die Kircher voraussetzt, noch können sich die Dünste nach Cartesius in ihnen so hoch erheben, und durch enge Gänge ihrer Decken ziehen, ohne schon unterwegs verdichtet zu werden, und herabzufallen. Ueberdem müßte auch, wenn dies wirklich der Ursprung der Quellen wäre, das Innere der Berge und der Erde mit dem zurückgebliebenen Salze des Meerwassers ausgefüllt seyn. —

Kircher giebt aber noch andere Ursachen der Entstehung der Quellen an; sie verdienen jedoch nicht alle angeführt zu werden. Er meint, daß zwar aus dem Regen- und Schneewasser auch Quellen entstehen könnten, sie wären aber nicht perennirend, sondern nur von kurzer Dauer. Ferner könnten auch Quellen dadurch sich bilden, daß sich das Wasser in den feinen Hölen der Erde bis zu den Spitzen der Berge durchs Anhängen hinaufziehe, daselbst in einem Behälter ansammle, und sodann als Quellwasser seitwärts wieder

t) Mundus subterraneus. T. I. lib. V. cap. I.

der abfließe, so wie etwa das Wasser sich in Schwämme, oder in einen Haufen feinen Sandes ziehe, der im Wasser aufgethürmt ist. Eine solche Entstehung der Quellen sucht er sogar durch ein Experiment zu erweisen. Er sagt nämlich, man solle ein Säulchen von Gyps, das oben wie eine Schüssel ausgehölet sey, aufrecht ins Wasser stellen; das Wasser würde sich darinn in die Höhe ziehen, und oben in der Hölung ansammlen [u]). — Allein dieser Versuch ist nur von Kirchern ersonnen, es steigt zwar das Wasser auf, aber in der gemachten Hölung sammlet sich nichts, wie Lulofs durch mehrere Proben gefunden hat. Diese Vorstellung von der Bildung der Quellen gründet sich auf die Phänomene der Haarröhrchen, welche um diese Zeit allgemeiner bekannt wurden. Aber Isaak Vossius [v]) hat schon ganz richtig gezeigt, daß in solchen Röhrchen das Wasser nur bis auf eine gewisse Höhe steige und alsdann still stehe, es mögen die Röhrchen groß oder klein seyn. Es sey also ganz unmöglich, wenn man nicht noch eine andere Kraft voraussetze, daß sich das Wasser in feinen Hölen der Erde oder im Sande oder auch in kalkartigen Materien bis zum Gipfel der Berge ziehen, vielweniger sich daselbst ansammlen könne. Er behauptet daher [w]), es sey schon das Regen- und Schneewasser hinreichend, die Entstehung der Quellen einzusehen. Denn in gebirgigten Gegenden sey der Regen viel häufiger, als im platten Lande, indem die Wolken größtentheils gegen die Berge hingetrieben würden, daselbst hängen blieben, und ihr Wasser an ihnen absetzten. In-

u) Mundus subterraneus. T. I. lib. V. cap. III. p. 239.
v) De nili et aliorum fluminum origine. Hagae-Com. 1666. 4. cap. II.
w) Ibid. cap. VI.

Indessen meint doch Vossius, daß aus diesen Quellen nur Bäche, keinesweges aber Flüsse entspringen können; diese rührten vielmehr unmittelbar aus dem Regen- und Schneewasser her, welches von Anhöhen herabfließe, und sich in großen Massen ansammle. Eben daher komme es auch, daß die Flüsse zu verschiedenen Zeiten verschiedentlich stiegen und fielen, je nachdem es mehr oder weniger regne [x]).

Ob nun gleich Vossius ganz richtig gezeigt hatte, daß keine Quelle durchs Aufsteigen des Wassers bis in die Spitzen der Berge in den feinen Gängen der Erde entstehen könne, so behauptete doch Varenius [y]) die Möglichkeit desselben, und glaubt, daß die Quellen ausser dem Regen- und Schneewasser vorzüglich ihr Wasser durchs Hinaufziehen des Meerwassers in der Erde erhalten.

Man hat auch Quellen beobachtet, welche mit der Ebbe und Fluth abnehmen und wachsen, dergleichen Varenius [z]) von Wallis und Island, und Dodart [a]) bey Calais erwähnen. Auch erzählt Norwood [b]), daß es auf den Bermudischen Inseln Brunnen gebe, welche mit dem Meere steigen und fallen, ihr Wasser mag salzig oder süß seyn; in der Tiefe finde man aber beständig Salzwasser.

Atmosphäre der Erde.

Zu der Zeit, da man schon den Druck der Luft entdeckt hatte, lehrte man beynahe noch allgemein den Satz,

x) De nili et aliorum flum. orig. cap. V.
y) Geographia generalis. cap. XVI. propos. V.
z) ibid. cap. XVII. prop. XVII.
a) *Du Hamel* historia Academ. reg. scient. sect. II. cap. 3. §. 2.
b) Philosophic. Transact. n. 30. p. 556.

Satz, daß die Luft in der Luft nicht drucke. Man glaubte, diejenige Luftsäule, welche mit dem Quecksilber im Barometer das Gleichgewicht halte, besitze von der untern Fläche des Quecksilbers an bis zur äußersten Grenze der Atmosphäre eine gleiche Dichtigkeit, und schloß daraus, daß das Verhältniß der specifischen Gewichte der Luft und des Quecksilbers dem umgekehrten Verhältnisse der Höhen beyder Säulen gleich sey. Wäre demnach das Verhältniß der specifischen Gewichte der Luft und des Quecksilbers bekannt, so ließe sich auch daraus sehr leicht die Höhe der Atmosphäre finden. Boyle[c]) bestimmte dies Verhältniß auf 1:14000. Aus diesem Verhältnisse und aus der Barometerhöhe fand er die Höhe der Atmosphäre, wenn er sie gleich dicht annahm, = 35000 engl. Fuß, oder 7 volle Meilen, jede Meile zu 5000 Fuß gerechnet. Indessen hatte Boyle diese Rechnung nicht deßwegen angestellt, um die Höhe der Atmosphäre genau zu bestimmen; denn er wußte sehr wohl, daß die Atmosphäre nicht von gleicher Dichtigkeit ist, sondern daß sie immer dünner werde, je höher man in ihr kommt, und daß folglich ihre Höhe um ein beträchtliches größer seyn müsse, als seine Rechnung bey der Voraussetzung einer gleichen Dichtigkeit ergab; er wollte nur dadurch den Irrthum zeigen, den einige Mathematiker, besonders Kepler, begangen hätten, indem sie die Höhe der Atmosphäre nur auf eine halbe bis 2 Meilen setzten. In der Folge fand zwar Boyle das Gesetz, nach welchem sich die Verbindung zwischen dem Drucke und der Dichtigkeit der Luft richtet; allein er hat weiter keinen Versuch angestellt, die Höhe der Atmosphäre hiernach zu bestimmen.

Isaak

c) Experimenta nova de vi aëris elastica. exper. XXXVI.

Isaak Vossius[d]) scheint die verschiedene Dichtigkeit der Atmosphäre noch nicht gekannt zu haben, wie seine Bestimmung der Höhe der Atmosphäre offenbar beweißt. Er sagt nämlich, er habe aus Frankreich und Italien mit Gewißheit erfahren, daß das Quecksilber in der barometrischen Röhre desto tiefer herabfalle, je höher man in die Atmosphäre komme. So sey ihm versichert worden, daß das Quecksilber an niedrigen Stellen der Erde auf 26 Zoll und etwas weniges darüber hoch stehe, auf Bergen von 3000 Fuß aber etwa 3 Zoll herabgefallen sey. Nun schließt er so: wenn 3 Zoll Quecksilber eine Höhe von 3000 Fuß geben, so werden 26 Zoll Quecksilber die Höhe von 26000 Fuß geben, mithin würde hiernach die Höhe der Atmosphäre etwa $1\frac{1}{12}$ deutsche Meilen betragen.

Otto von Guericke[e]), welcher zuerst die Abnahme der Dichtigkeit der Atmosphäre in größern Höhen durch einen Versuch bewies (Th. I. S. 446.), glaubte wohl sehr richtig, daß man überhaupt nicht vermöge, die Höhe der Atmosphäre bestimmt anzugeben, weil sich die Luft nach und nach so sehr verdünne, daß sie gleichsam in Nichts übergehe; dagegen theilt er die Atmosphäre, ihm ganz eigen, so wie die Alten schon thaten, in drey Regionen ein, in die untere, mittlere, und obere[f]). Die untere theilt er abermals in verschiedene Stufen ab, in deren ersterer das Sternenlicht wegen der groben erdichten und feuchten Dünste merklich gebrochen werde, und welche man gewöhn-

d) De natura et proprietate lucis. 1662. 4. cap. XI.
e) Experimenta nova Magdeburg. de vacuo spatio. lib. V. cap. VII.
f) Ibid. cap. IX.

wöhnlich für unsere Erdatmosphäre halte; diese, sagt er, erstrecke sich nicht über 4 deutsche Meilen; die andere Stufe sey die, welche feinere wässerichte Dünste enthalte, in denen sich das Sonnenlicht breche, und dadurch die Dämmerung bewirke; die Höhe derselben schätzt er auf 24 deutsche Meilen; die dritte Stufe endlich soll die seyn, in welcher sich die feinsten Dünste aufhielten, die noch einiges Sonnenlicht brächen, das aber blos durch die himmelblaue Farbe bemerkbar sey, so daß diese Farbe die Grenze der untern Region bestimme. Die mittlere Luftregion soll ganz reine Luft ohne Dünste enthalten, und sich auf einige 100 Meilen weit erstrecken. Die obere Luftregion endlich enthalte die allerreinste Luft, und dehne sich vermuthlich auf 1000 bis 2000 Meilen weiter hinaus aus, bis sie an der Grenze gleichsam durch einen von aller Materie leeren Raum abgeschnitten werde.

D. Hooke [g]) suchte die Höhe der Atmosphäre aus dem von Boyle entdeckten Gesetze der Ausdehnung der Luft zu bestimmen. Er schließt so, Boyle's Versuche zeigten, daß bey der Voraussetzung einer gleichförmigen Dichtigkeit der Luft die Höhe der Atmosphäre 35000 engl. Fuß betragen würde; stellte man sich nun diese Höhe in tausend Schichten, eine jede von 35 Fuß Höhe, eingetheilt vor, so müßte die zweyte, von der Oberfläche der Erde an gerechnet, einen geringern Druck als die erste erleiden; die dritte einen geringern als die zweyte u. s. f. Die zweyte Luftschicht werde sich daher mehr ausdehnen als die erste, die dritte mehr als die zweyte u. s. f., so daß 20 solcher Schichten, statt einer Höhe von 700 Fuß auszumachen, nunmehr 25 englische Meilen hoch würden. Hier-

g) Micrographia.

Hieraus folgert nun Hooke, daß sich die Höhe der Atmosphäre bis ins Unendliche erstrecken würde, wenn die Ausdehnung der Luft oben das nämliche Gesetz wie unten befolgte. Allein er hatte sich schon durch Versuche überzeugt, daß dies Gesetz nicht in aller Strenge statt finde. Er brachte nämlich eine etwa 6 Fuß lange an beyden Enden offene Röhre in eine andere weitere mit Quecksilber angefüllte Röhre, so daß jene 4 Zoll über das Quecksilber hervorragte; hiernächst schmolz er sie oben zu. Nachdem er sie hierauf allmählig erhob, dehnte sich die in dem Raume von 4 Zollen enthaltene Luft aus, und trieb das Quecksilber so weit herab, daß sich die Elasticität der Luft ziemlich genau verkehrt wie der Raum verhielt, und wenn er dies Verhältniß nicht vollkommen genau fand, so rührte es von der Ungleichheit im Durchmesser des mittleren Theils der Röhre her. Hiebey fand er aber, daß bey allen Erhebungen dieses Gesetz nicht einerley sey; denn bey einem siebenmal wiederholten Versuche nahm er wahr, daß schon bey einer Höhe von 35 Fuß eine Verschiedenheit von einem Zolle statt fand.

Da man die Grenze der Verdünnung der Luft nicht anzugeben vermag, so ist es leicht zu begreifen, daß sich auf diese Art die Höhe der Atmosphäre gar nicht genau bestimmen läßt, so viel man sich auch in der Folge Mühe gegeben hat, genaue Regeln für Messungen gewisser Höhen im Luftkreise, mithin auch der ganzen Höhe desselben, mittelst des Barometers zu geben.

Riccioli[h]) suchte die Höhe der Atmosphäre nach der Methode, welche schon der Araber Alhazen an-

h) Almagestum novum. lib. VIII. sect. I. cap. XIV. probl. 4. 5. 6.

angegeben hatte, und die sich auf die Theorie der Dämmerung gründet (Th. I. S. 150), mit Rücksicht auf die Brechung der Lichtstrahlen, wie Kepler ganz richtig bemerkt hatte, zu bestimmen. Er nahm die Größe der Brechung im Horizonte 34′ an, und fand die Höhe der Atmosphäre auf 20 italiänische Meilen.

Der in verschiedenen Höhen der Atmosphäre verschiedene Druck derselben gab Veranlassung, das Barometer zur Bestimmung der Höhen über der Erdfläche zu gebrauchen. Schon Pascal, welcher sich durch mancherley Versuche mit demselben von der Richtigkeit der Schwere der Luft überzeugt hatte, kam auf den Gedanken, daß es dazu dienen könne, die Höhe eines Ortes über andere von ihm entfernte abzumessen. Er hatte nämlich gefunden, daß das Quecksilber im Barometer desto tiefer herabfalle, je höher man in die Atmosphäre komme. Indessen war ihm auch schon eine von den Schwierigkeiten bekannt, welche beym Gebrauche des Barometers zu Höhenmessungen statt finden, nämlich die Fähigkeit der Luft, sich zusammendrucken zu lassen. Von weitern Untersuchungen dieser Art wurde er durch einen frühen Tod abgehalten.

Im Jahre 1654. gab Johann Pecquet seine nova experimenta anatomica zu Paris heraus, in welchen er Nachrichten von verschiedenen Versuchen mit Quecksilberröhren ertheilt, die er auf hohen Bergen angestellt hatte, und woraus sich ergab, daß das Quecksilber auf hohen Bergen niedriger, als unten am Fuße derselben stehe, und daß es beständig tiefer herabsinke, je höher man in die Atmosphäre kommt. Durch diese Schrift wurden auch die Akademisten zu Florenz

veranlaßt [i]), ähnliche Versuche zu Florenz in gewissen Höhen der Atmosphäre anzustellen. Der Erfolg war beständig dieser, daß das Quecksilber im Barometer immer mehr herabfiel, je höher man in die Atmosphäre kam, und daß das Fallen des Quecksilbers schon in einer Höhe von 50 florent. Ellen sehr bemerkbar war. Sie meinten, aber mit Unrecht, man könne das Barometer deßwegen noch nicht als ein genaues Maas des Drucks der Atmosphäre ansehen, wie es doch einige dafür hielten, indem sie gar oft wahrgenommen hätten, daß das Barometer an ein und dem nämlichen Orte bald niedriger bald höher stehe. — Es scheinen also diese Gelehrten noch nicht vermuthet zu haben, daß die Atmosphäre beständigen Veränderungen unterworfen sey, wie doch schon der Erfinder des Barometers, Torricelli, darauf verfiel, ob sie gleich hinzusetzen, daß die veränderte Höhe des Quecksilbers in der barometrischen Röhre zum Theil von der Einwirkung der Wärme und Kälte, zum Theil aber von andern ihnen unbekannten Ursachen herrühre. —

Einige Zeit darauf stellte auch Georg Sinclar [k]), ehemaliger Professor der Philosophie zu Glasgow, verschiedene Versuche mit dem Barometer auf den Schottischen Gebirgen an, vermöge welcher er sich berechtigt zu halten glaubte, daß es genau die Schwere der Luft anzeige, und gab ihm daher zuerst den Nahmen eines Baroskops.

Als

i) Tentam. experiment. captor. in Acad. del Cimento. ed. a *Musschenbroek* p. 49.

k) Ars nova et magna gravitatis et levitatis f. dialogorum philosophicorum libri VI. de aëris vera et reali gravitate. Roterod. 1669. 4.

Alle diese Versuche zeigten also unläugbar, daß je erhabener ein Ort über der Meeresfläche ist, desto niedriger das Quecksilber im Barometer stehe. Dadurch konnte man also sehr leicht auf die Vermuthung kommen, daß das Barometer als ein Mittel zu Abmessungen der Höhen gebraucht werden könne. Indessen hatten doch die Physiker dieses Zeitraums sich noch nicht bemühet, eine Regel für Höhenmessungen mit dem Barometer zu bestimmen. Erst in der folgenden Periode wurde dieser Gegenstand mit größerm Eifer betrieben.

Meynungen über die Entstehung und Bildung der Erde.

Cartesius [l]) nahm an, daß es vor der Schöpfung der Welt einen Klumpen von ungemeiner Härte gegeben habe, welchen Gott durch seine Allmacht zerschlug, und die Theile desselben in Bewegung setzte. Nachdem sich solchergestalt die Theile an einander rieben, so entstanden eine Menge kleiner Kugeln, grobe eckigte Stücke, welche von den größern Stücken abgestoßen wurden, indem sie sich an einander rieben, und eine ganz feine subtile Materie. Dies sind die drey Elemente, woraus er die Welt entstehen läßt. Die subtile Materie, oder das erste Element, bildete die Sonne nebst den übrigen Fixsternen; die kleinen Kugeln, oder das zweyte Element, gaben den Aether oder die Materie zu den Wirbeln; die eckigten Körper endlich, oder das dritte Element, welche zur Bewegung nicht geschickt genug waren, aber sich desto fester mit einander verbinden konnten, waren der Stoff zu den Planeten oder Kometen. Seiner Meynung nach ist unsere Erde vormals ein Stern mit einem eigenen Wirbel

l) Principia philosoph. P. III. et IV.

bel gewesen, der mit vieler grober Materie angefüllt war, die nachher eine dunkele Rinde um sie bildete, aus welcher nur hier und da das Centralfeuer hervorgebrochen sey. In diesem Zustande sey sie von dem Wirbel der Sonne ergriffen worden. Dadurch wären nun zuerst die gröbsten Theile des dritten Elements in die Erdrinde herabgestürzt, und hätten die Erdschichten und das Wasser gebildet. Weil aber die feinsten Theile des dritten Elements, welche über dem Wasser sich befanden, nicht ganz von den gröbern befreyet werden konnten, so entstand von ihnen ein Bette über dem Wasser, welches nachher einstürzte, und Erhöhungen und Vertiefungen auf der Erdfläche bildete. Auf eine eben so mechanische Art sucht er die Entstehung der Metalle, Salze, Vulkane, Quellen, u. s. f. zu erklären. — Diese Hypothese, welche der Phantasie durch wirkliche Thatsachen gar keine Schranken setzt, konnte wohl zu den Zeiten des Cartesius beynahe mit allgemeinem Beyfall aufgenommen werden, da vor ihm noch kein einziger die Entstehung des Weltgebäudes so einnehmend vorgetragen hatte; nachdem aber in allen Theilen der Physik weitere Fortschritte gemacht wurden, mußte man auch gar bald einsehen, daß sie ein bloßer Traum sey, der sich auf kein einziges Naturgesetz gründet. —

Zweyter Abschnitt.

Von den Meynungen und Entdeckungen in der besondern Physik.

Erstes Kapitel.

Entdeckungen und Meynungen in der Lehre vom Lichte.

Wesen des Lichts.

Bisher waren die Meynungen über das Wesen des Lichts getheilt; einige hielten es für eine wirkliche Substanz, andere aber, besonders die Peripatetiker, für eine Eigenschaft. Cartesius m) aber stellte eine neue Hypothese über das Wesen des Lichts auf, welche mit einigen Abänderungen in der Folge sehr berühmt geworden ist und ungemein viel Anhänger gefunden hat. Er hielt das Licht weder für etwas Körperliches, noch für eine Eigenschaft der Körper, sondern blos für die Bewegung seines zweyten Elements. Er nahm nämlich an, daß der ganze Weltraum mit vollkommen harten Kügelchen dieses Elements angefüllt sey. Durch die beständige Bewegung der Theile leuchtender Körper würden diese Kügelchen gestoßen, und da es nach ihm in der Welt keinen leeren Raum giebt, sondern das eine Kügelchen das andere unmittelbar be-

m) Princ. philos. P. III. prop. LV. LXIII. LXIV. dioptrica. cap. I. §. 3. sqq.

berührt, so pflanzt sich dieser Stoß durch alle geradlinichte Reihen dieser Kügelchen in einem Augenblicke fort. Zur Erläuterung dieses Satzes vergleicht er die Fortpflanzung des Lichts mit der Bewegung, welche einem Stabe der ganzen Länge nach mitgetheilt wird, so bald man das eine Ende desselben fortstößt. Eben eine solche Bewegung kann seiner Meynung nach auch vom Auge verursacht werden, woraus er zugleich zu erklären sucht, wie Katzen und andere Thiere, deren Augen leuchten, im Finstern sehen können. — Dieser Cartesianischen Hypothese stehet entgegen, daß sich geradlinigte Kugelstäbe dieser Art gar nicht denken lassen, und daß die geringste Bewegung diese Lage der Kügelchen stören würde; überdem könnte sich auch hiernach das Licht in der That nicht augenblicklich, sondern nur allmählich, fortpflanzen. Nähme man zwischen den Kügelchen kleine Räume an, so würde sich alsdann die Fortpflanzung des Lichts mit den Gesetzen des Stoßes harter Körper gar nicht vereinigen lassen. Daher haben auch die spätern Anhänger des Cartesius nicht mehr die Härte der Kügelchen angenommen, sondern an deren Stelle ein elastisches Fluidum gesetzt, wodurch das Licht fortgepflanzt werde. Der P. Malebranche [n]) nahm kleine flüssige Wirbel an, deren jeder den empfangenen Eindruck dem nächstliegenden mittheilen sollte. Huygens [o]) läßt das Licht, so wie den Schall, aus wellenförmig fortgepflanzten Wirbeln oder Schwingungen eines elastischen Mittels bestehen, und nach Linien fortgehen, welche auf die Reihen der einzeln neben einander liegenden Wirbel oder ihrer Mittelpunkte senkrecht stehen. Aus dieser Voraussetzung

n) Mémoires de l'Acad. roy. des scienc. à Paris 1699. p. 32.

o) Traité de la lumière. à Leide 1690. 4.

zung sucht er die Erscheinungen des Doppelspathes zu erklären.

Gassendi [p]) schrieb umständlich über das Licht und die davon abhangenden Eigenschaften; er war aber ein sehr starker Vertheidiger von dem Systeme des Epikurus, behauptete daher, das Licht sey etwas körperliches und die Sichtbarkeit der Gegenstände rühre von Partikeln her, welche beständig von der Oberfläche der Dinge abfließen. Gegen dieses Gassendische System, so wie auch gegen das Cartesianische, machte du Hamel [q]) sehr viele Einwendungen, und suchte beyde Systeme umständlich zu widerlegen; er nahm das Licht, so wie die Scholastiker, für eine Eigenschaft der Körper an. Auch Isaak Vossius [r]) behauptete das Unkörperliche des Lichts, und suchte gleichfalls die Gassendische und Cartesianische Lehre zu widerlegen, worüber er mit den Cartesianern in einen Streit verwickelt wurde. Seine Vertheidigung fiel aber eben nicht sonderlich glücklich aus [s]).

Brechung des Lichts.

So sehr sich auch bisher die Optiker bemühet hatten, das wirkliche Gesetz der Strahlenbrechung zu finden, so waren sie doch darin nicht glücklich. Selbst Kepler, welcher die erstern richtigen Grundsätze der Optik aufstellte, war nicht im Stande, dies genau zu entdecken, so viel Mühe er sich auch gab. Es mußte aber nothwendig den Naturforschern und Ma-

p) Physica. sect. I. lib. VI. cap. XI. in opp. T. I. p. 422.
q) Astronomia physica. Paris 1660. 4.
r) De lucis natura et proprietate. Amstel. 1662. 4.
s) Appendix ad scriptum de natura lucis et umbrae.

Mathematikern daran gelegen seyn, das Brechungsgesetz bestimmt zu erfinden. Zu dieser Absicht stellten Scheiner und Kircher[t]) noch weit mehrere Versuche über die Brechung der Lichtstralen an, als Kepler gethan hatte. Scheiner maaß das Verhältniß des Einfalls und Brechungswinkels aus Luft und Wasser von Grad zu Grad mit vieler Genauigkeit, und brachte alle Resultate in eine Tabelle, welche man bey Kircher[u]) findet. Kircher gieng noch weiter, und stellte über die Brechung der Lichtstralen Versuche von Minute zu Minute an, und beobachtete auch die Brechungen im Weine, Oele und Glase, wovon man die Tabellen ebenfalls bey ihm findet[v]). Kirchers Werk kam kurz darnach heraus, als Cartesius das wahre Gesetz der Brechung in seiner Dioptrik bereits bekannt gemacht hatte; es ist daher wahrscheinlich, daß Kircher seine Versuche kurz vor der Entdeckung dieses Gesetzes angestellt haben muß, noch ehe er Gebrauch davon machen konnte. Er bediente sich zur Messung der Brechung folgendes Werkzeuges: ein in Form einer Halbkugel verfertigtes hohles Gefäß (fig. 2.) eed hatte auf dem Rande einen stehenden Quadranten cgo, um dessen Mittelpunkt eine Regel oe beweglich war. Dieses halbkugelförmige Gefäß füllte er mit der durchsichtigen flüssigen Materie an, neigte alsdenn die Regel oe unter einem gewissen Neigungswinkel, und bemerkte den Ort, wo sie wegen der Brechung den untern Theil des Gefäßes zu berühren schien.

End-

t) Ars magna lucis et umbrae. Romae 1646. fol. Amstel. 1671. fol.

u) Ibid. (Amstel. 1671.) p. 607.

v) Ibid. p. 609.

Endlich wurde das Gesetz der Strahlenbrechung, wiewohl noch etwas unvollkommen, von dem Niederländer Willebrord Snellius entdeckt. Seine Schrift, worin er dieses Gesetz beschrieben hat, ist zwar nie herausgekommen, allein Huygens [w]) versichert, daß er es in der Handschrift gelesen habe. Ueberdem führt Priestley [x]) noch an, daß Isaak Vossius in seiner Schrift de natura et proprietate lucis erzähle, der Prof. Hartensius habe diese Entdeckung sowohl in seinen Lehrstunden, als auch sonst vorgetragen; allein in dieser Schrift des Vossius findet man davon nichts, wie auch Herr Scheibel [y]) ganz richtig bemerkt; dagegen fand Herr Pfleiderer [z]) diese Stelle in des *Isac. Vossii* responso ad objecta de Bruyn et Petri Petiti p. 32. sq. Herr Pfleiderer vermuthet, Snellius sey auf diese Erfindung durch Wiederholung von Keplers Untersuchungen gekommen. Nach Huygens bestand die Entdeckung des Snellius in folgendem: Wäre (fig. 3.) ab die Oberfläche einer stärker brechenden Materie, wie z. B. des Wassers, worin f ein sichtbarer Punkt ist, so wird dieser einem in h befindlichen Auge in der geraden Linie he erscheinen. Nun nahm er an, daß das Bild des Punkts f in e liege, und daß die geraden Linien df und de ein unveränderliches Verhältniß zu einander hätten, nämlich das im Wasser von 4 : 3. Dies hat auch seine Richtigkeit: denn in dem Dreyecke def

w) Dioptrica p. 2.

x) Geschichte der Optik durch Klügel. Th. I. S. 87.

y) Einleitung in die mathematische Bücherkenntniß. Th. II. S. 326.

z) Thesium inaugural. pars mathematico-physica 1791. defens. Tubing. 4. thes. XXVI.

def hat man df : de = sin. def : sin. efd oder df : de = sin. aed : sin. fdg oder df : de = sin. cdh : sin. fdg. Huygens aber sagt, auf das Verhältniß der Sinus habe Snellius nicht gedacht, und meint, daß hier alles auf das scheinbare Bild der Sache ankomme. Er glaubte sogar, daß in dem senkrechten Strahle, wie ed, eine Brechung oder eine Verkürzung des Sehestrals statt habe, indem er sich dadurch täuschen ließ, daß der Boden eines mit Wasser angefüllten Gefäßes, wenn man von oben senkrecht hinein auf ihn sehe, sich allenthalben zu erheben scheine. Allein dies muß aus den Strahlen, welche nach beyden Augen zu gehen, erklärt werden. Snellius drückte das Gesetz der Strahlenbrechung durch die Secanten des Brechungs- und des Einfallswinkels aus. Nimmt man nämlich ad zum Sinus totus an, so drükken die Linien df und de die Cosecanten der Winkel dfa und dea aus, von welchen der erstere dem gebrochenen Winkel fdg, und der andere dem Einfallswinkel cdh gleich ist. Daraus ergab sich also der Satz: die Cosecanten des Brechungs- und des Einfallswinkels sind für einerley brechende Materie in einem beständigen Verhältnisse. Snellius dachte nicht an das dem Verhältnisse der Cosecanten gleiche, verkehrte, weit bequemere Verhältniß der Sinus. Erst Cartesius führt das Gesetz der Strahlenbrechung in dieser bequemern Form in seiner im Jahre 1637 herausgekommenen Dioptrik an, erwähnt aber keines Versuchs, welchen er zur Entdeckung dieses Gesetzes gemacht hätte, sondern er leitet es als eine Folge aus den Untersuchungen über die Brechung des Lichts her, obgleich Huygens gewiß versichert, das Cartesius die Handschrift des Snellius in Händen gehabt habe, woraus der

Satz:

Satz: die Sinus der Einfalls- und Brechungswinkel sind für einerley brechende Materie im beständigen Verhältnisse, sehr leicht herzuleiten war. Wenn aber auch Cartesius dieses Gesetz aus der Handschrift des Snellius genommen hat, so gebührt ihm doch das Verdienst, es zuerst bekannt gemacht zu haben, wodurch erst die Dioptrik eine richtigere und auf Gründen gebauete Theorie erhielt.

Vor Cartesius hatte es noch kein einziger gewagt, eine Erklärung über die Ursache der Brechung zu geben. Dieser aber suchte sie aus mechanischen Grundsätzen durch Zerlegung der Kräfte abzuleiten [a]). Er setzte voraus, daß das Licht die stärker brechende Materie leichter als die weniger brechende durchdringe. Es sey (fig. 4.) gc der einfallende Strahl, dessen Bewegung nach den zwey Richtungen hc in der Oberfläche des Wassers und ic der senkrechten auf die Oberfläche zerfället werde. Mit ic und ch kann man das Parallelogramm ichg und mit cg den Kreis gafb beschreiben. Ist nun die Geschwindigkeit in der stärker brechenden Materie um ein Drittheil größer, als in der geringer brechenden, so beschreibt der Lichtstral in der erstern Materie eben denselben Weg in zwey Zeittheilchen, welchen er in der andern in drey Zeittheilchen beschrieb, weil die Geschwindigkeiten in gleichen Räumen umgekehrt wie die Zeiten sich verhalten. Auf der verlängerten bc nehme man das Stück $cd = \frac{2}{3}$ bc, so muß nun der Stral in zwey Zeittheilen sowohl den Halbmesser des Kreises beschreiben, als auch nach der Richtung ca um das Stück cd fortgegangen seyn, weil die Geschwindigkeit nach ie nicht geändert wird.

Folg-

a) Dioptrica. cap. II.

Folglich kann der Lichtstral seinen Weg nicht in der geraden Linie gce fortgesetzt haben, sondern er muß den Kreis in f treffen, wo die aus d und ac senkrechte Linie den Kreis trifft. Auf diese Art wäre also das Gesetz der Brechung völlig erwiesen. — Allein dem Beweise dieses Gesetzes kann man zwey nicht ungegründete Zweifel entgegensetzen. Erstlich sieht man gar keinen Grund ein, warum die veränderte Geschwindigkeit des bewegten Lichtstrals allein durch cf sich erstrecken, und gar keinen Einfluß auf die mit cd parallele Bewegung fk haben soll, da doch der Lichtstral in der stärker brechenden Materie wirklich fortgeht, und folglich, wenn er dieselbe leichter durchdringt, auch nach der Richtung cd oder kf leichter und geschwinder fortgehen müßte. Zweytens ist ohne Beweis angenommen, daß das Licht die stärker brechende Materie schneller durchdringe; die Erfahrung lehrt aber davon gar nichts bestimmtes. Uebrigens stimmt auch die Behauptung des Cartesius, daß das Licht die stärker brechende Materie leichter und geschwinder durchdringe, mit seiner Vorstellung, daß die Fortpflanzung des Lichts in instanti erfolge, gar nicht überein.

Der erste, welcher die Wahrheit dieser Erklärung in Zweifel zog, war der Parlamentsrath zu Toulouse, Fermat, welcher mit Cartesius hierüber in einen Streit gerieth, den Montucla b) umständlich erzählt. Die Briefe, die sie darüber mit einander wechselten, und selbst die Fortsetzung des Streits mit Cleoselier, Cartesius Schüler, findet man in dem dritten Theile von Cartesius Briefen. Fermat behauptete gegen Cartesius, daß das Licht im Wasser mehr Widerstand als in der Luft antreffe, so wie im Gla-

b) Histoire des Mathematiques. T. II. p. 188.

Glase mehr als im Wasser, und die Größe des Widerstandes in verschiedenen brechenden Materien verhalte sich in Absicht auf das Licht wie ihre Dichtigkeiten. Er sucht die Ursach der Brechung aus dem Satze herzuleiten, daß die Natur ihre Entzwecke auf die kürzeste Art erreiche. Es verkürze sich nämlich der Weg cf des Lichts in einer stärker brechenden Materie, so daß die Zeit, welche das Licht gebrauche, um von g nach f zu kommen, auf dem Wege gef die kleinste sey. Hieraus bewies nun Fermat durch eine weitläuftige Rechnung, daß sich, um dies Kleinste zu erhalten, die Sinus der Winkel gci und fek verhalten müßten, umgekehrt wie die Widerstände beyder brechenden Materien. Kürzer ließe sich diese Rechnung durch Hülfe der nachher erfundenen Differenzialrechnung anstellen. Auf solche Art kommen Cartesius und Fermat in dem Schlusse mit einander überein, daß die Sinus des Einfalls- und Brechungswinkels in einerley Verhältniß stehen; nur waren sie darin verschieden, daß der erstere glaubte, die Sinus der gedachten Winkel verhielten sich umgekehrt wie die Geschwindigkeiten in beyden brechenden Materien, der andere aber, sie verhielten sich umgekehrt wie die Widerstände der brechenden Materien. — Gegen Fermat's Schluß ist nur einzuwenden, daß aus Entzwekken der Natur nichts Physikalisches geschlossen werden kann.

Eine von den ältesten mechanischen Erklärungen über die Brechung der Lichtstralen, welche Dechales [c]), Barrow [d]), und in den neuern Zeiten

Rizet

c) Mundus mathematicus. T. III. dioptrica lib. I. p. 648.

d) Lectiones opticae. Lond. 1674. 4.

Rizetti [e]) angenommen haben, eignet Montucla dem P. Maignan [f]) als Erfindung zu. Man behauptet nämlich, daß ein jeder Lichtstral aus einer Menge an einander hangender länglichter Lichttheilchen bestehe, welche sich immer parallel mit einander fortbewegen. Wenn nun ein solcher Lichtstral schief gegen eine brechende Fläche stoße, wo er größern Widerstand finde, so werde der Theil (fig. 5.) d eher als f gestoßen, und daher größern Widerstand leiden. Hierdurch bewege sich aber d langsamer als f, weil f die vorige Geschwindigkeit noch nicht verlohren habe. Da nun beyde Theile zusammenhängen, so müßten sie Bogen beschreiben, welche concentrisch sind, und deren Längen sich zu einander verhalten, wie die Geschwindigkeiten in beyden brechenden Materien, bis endlich f die brechende Fläche in g erreicht, und mit d einerley Geschwindigkeit erhalten hat, in welchem Falle sie wieder geradlinigt und mit den übrigen Theilen des Lichts in dieser brechenden Materie parallel fortgiengen. Hierdurch ist es begreiflich, daß der Lichtstral bey d nach dem Perpendikel ce zu in der stärker brechenden Materie gebrochen werde. Auf eben diese Weise sieht man leicht ein, daß diese Brechung in umgekehrter Ordnung vor sich gehe, wenn der Lichtstral aus einer stärker brechenden Materie in eine weniger brechende übergeht. — Nach dieser angenommenen willkührlichen Hypothese würde folgen müssen, daß die brechenden Materien von größerer Dichtigkeit dem Durchgange des Lichts mehr widerstehen, und folglich dasselbe mehr brechen müßten, als die brechende Materie von geringerer Dichtigkeit, welches aber der Erfahrung ganz zuwider ist.

Huy-

e) Catoptricae et dioptricae elementa. Venet. 1728. 8.
f) Perspectiva horaria. Romae 1648. fol.

Huygens[g]) versuchte aus seiner Hypothese, daß das Licht aus wellenförmigen Schwingungen oder Wirbeln einer feinen flüssigen elastischen Materie bestehe, folgenden Beweis für die Brechung der Lichtstralen zu geben. Man stelle sich den Fortgang des Lichts durch eine gerade Linie (fig. 5.) lg, und eine Reihe neben einander liegender Wirbel durch lm, ik, fd u. s. vor. Treffen nun eine solche Reihe liegender Schwingungen, welche das Licht verursachen, die brechende Fläche ab, so erhält der Lichtstral md zuerst in d einen Widerstand, indem die anliegenden Stralen wie lf ihre vorige Geschwindigkeit noch behalten. Es geht also der Strahl bey d in der stärker brechenden Materie nur um dh fort, indem der Strahl bey f um fg fortgeht, und es verhalten sich dh und fg wie die Geschwindigkeiten in den brechenden Materien. Hierdurch wird aber nothwendig die Richtung der Lichtstralen, welche neben einander liegen, geändert. Wenn nun die zwischen lg und md liegenden Lichtstralen in die stärker brechende Materie gekommen sind und eine gleiche Geschwindigkeit erhalten haben, so folgt, daß sich der Sinus des Winkels fdg zu dem Sinus des Winkels dgh verhalte, wie fg : dh d. h. wie der Sinus des Einfallswinkels zu dem Sinus des Brechungswinkels zu den Geschwindigkeiten des Lichts in den brechenden Materien. — So richtig auch dieser Beweis an sich ist, so beruhet er doch auf einer Hypothese des Lichts, welche wohl schwerlich noch jeßt Liebhaber finden wird. Auch müßte daraus folgen, daß die Lichtstralen in brechenden Materien von grösserer Dichtigkeit stärker als in den von geringern Dichtigkeiten brechen würden, welches aber der Erfahrung ganz entgegen ist.

Man

g) Traité de la lumière. à Leide 1690. 4. cap. III.

Man hatte schon vor der Entdeckung des Gesetzes der Strahlenbrechung gefunden, daß die Größe der Brechung sich nicht nach der Dichtigkeit der brechenden Materie richte. (Th. I. S. 170.). Auch Cartesius[h]) führt in einem Briefe an den P. Mersenne an, daß das Terpentinöl weit stärker, als die dichtern Salzauflösungen das Licht breche. Nach der Zeit sind mehrere Versuche dieser Art gemacht worden. So führt Boyle[i]) in einem Briefe an den damaligen Secretair der königlichen Gesellschaft zu London, Oldenburg, vom 3ten Nov. 1664. an, daß das Brechungsverhältniß für Weingeist, wie 4 : 3., mithin seine brechende Kraft größer als die des Wassers sey; überdem besitze das Terpentinöl, welches noch leichter als Weingeist sey, nicht allein eine größere brechende Kraft als das gemeine Wasser, sondern auch als das Salzwasser. In eben demselben Jahre am 9ten Nov. gab D. Hooke[k]) der Gesellschaft Nachricht von einem Versuche mit reinem und hellem Baumöle, dessen brechende Kraft er größer als aller bisher versuchten Flüssigkeiten gefunden hatte. Bey einem Einfallswinkel von 30° war der Brechungswinkel nicht kleiner als 46° 30′, und bey dem Einfallswinkel von 20° war er 29° 47′. Weil die Mitglieder die Brechung im Salzwasser stärker als im süßen Wasser fanden, so stellten sie auch Versuche mit Vitriol- Salpeter- und Alaunauflösungen an, und beobachteten, daß die beyden erstern eine etwas größere brechende Kraft als gemeines Wasser, die letztere aber eine etwas geringere hatte[l]).

Am

h) Epistolar. P. III. epist. XXXIII. p. 104.

i) *Birch's* history. Vol. I. p. 480.

k) Ibid. p. 483.

l) Ibid. p. 501.

Am 11ten Febr. 1663. zeigte D. Hooke der Gesellschaft durch einen Versuch, daß das Eis das Licht nicht so stark wie das Wasser breche. Dies veranlaßte ihm zu behaupten, daß die Leichtigkeit des Eises, vermöge welcher es auf dem Wasser schwimmt, nicht allein von den in demselben wahrgenommenen Bläschen, sondern auch von der ganzen zusammengesetzten Masse herrühre m).

Erklärung des Regenbogens nach Cartesius.

Markus Anton de Dominis hatte bereits den Hauptregenbogen sehr richtig erklärt; seine Erklärung des Nebenregenbogens aber fiel nicht glücklich aus (Th. I. S. 208. f.); Cartesius n) verfolgte den Weg des de Dominis weiter, und es gelang ihm, auch die Entstehung des zweyten Regenbogens richtig zu erklären; er sagt nämlich, der äussere Regenbogen rühre von einer zweymaligen Brechung und zweymaligen Reflexion her, wobey der Strahl im untern Theile des Regentropfens eingehe, und von oben her ins Auge gebracht werde. Er gründete seine Erklärung auf folgenden Versuch, den man de Dominis zuschreibt. Er füllte eine dünne hohle gläserne Kugel (fig. 6,) bcd mit Wasser an, welche auf und nieder gezogen werden konnte. Ward nun diese Kugel von der Sonne beschienen, und das Auge so gestellt, daß die Gesichtslinie mit den Sonnenstrahlen zm einen Winkel von 42° machte, so sahe er an der untern Stelle d ein sehr lebhaftes Roth; ließ er hierauf die Kugel nach und nach weiter herab, so erschienen auch nach und nach an ihr statt der rothen Farbe gelb, grün

m) *Hooke's* experimens by *Derham*. p. 501.
n) Meteora. cap. VIII.

grün und blau. Brachte er hingegen die Kugel weiter in die Höhe, bis etwa der Winkel kem die Größe von 52 Grad hatte, so erblickte er bey k einen rothen Fleck, aber nicht so lebhaft wie bey d; zog er die Kugel noch weiter hinauf, so erschienen daselbst andere wiewohl mattere Farben; daher, sagt er, ward der Strahl a b in b nach c hin gebrochen, daselbst nach d reflektirt, und in d beym Ausgange wieder nach e hin gebrochen. Von der Richtigkeit dieser seiner Erklärung überzeugte er sich noch mehr dadurch, daß die Farben verschwanden, wenn er die Stelle d bedeckte oder den Strahl ab mit einem undurchsichtigen Körper auffieng; wenn er aber gleich die ganze Kugel, ausser den Stellen b und d bedeckte, so behielt der Strahl die rothe Farbe. Was die rothe Farbe bey k betrifft, so, sagt er, rühre diese von den Sonnenstrahlen her, welche von f nach g kommen, daselbst nach h hin gebrochen, und sowohl in h als i reflektirt, und beym Ausgange in k nach e hin gebrochen werden; denn sobald er die Stellen g und k bedeckte oder offen ließ, so verschwand entweder der rothe Strahl oder er war vorhanden.

Eine einzige Hauptschwierigkeit blieb ihm nur noch übrig; wenn nämlich die Glaskugel auch eine andere Lage als die angeführte hat, so können doch nach zweymaligen Brechungen und einmaliger oder zweymaliger Reflexion Strahlen ins Auge kommen, ohne Farben zu erblicken. Dieserwegen sagt er, habe er nachgedacht, ob nicht etwa eine andere Sache zu finden wäre, mit deren Hülfe die Farben auf eben diese Art hervorgebracht werden könnten, damit er durch Vergleichung derselben mit den Wassertropfen desto leichter über die Ursache der Farben ein Urtheil fällen möchte.

Hier

Hier wäre ihm nun das gläserne Prisma eingefallen. Er hätte also ein solches genommen, dessen Seiten (fig. 7.) mn und np vollkommen eben, und gegen einander unter einem Winkel von etwa 30 bis 40 Graden geneigt gewesen wären. Die Sonnenstrahlen abc habe er auf mn senkrecht auffallen lassen, und die Seite np mit einem dunkeln Körper bedeckt, in welchem er ein kleines Loch de gelassen. Die Strahlen, welche durch diese Oefnung auf das weisse Papier fgh gefallen wären, hätten daselbst alle Regenbogenfarben gezeigt, die rothe Farbe in f, die violette in h. Daraus folgert er, daß weder eine gewisse Figur des durchsichtigen Körpers, noch die Zurückwerfung der Strahlen, noch eine mehrmalige Brechung zur Hervorbringung der Farben nöthig sey. Sie erfordere blos eine einfache Brechung und einen Schatten, oder eine Einschränkung des Lichts, weil ohne den dunkeln Körper bey np alle Farben verschwänden. Cartesius blieb bey diesem Versuche stehen, ohne ihn genauer zu untersuchen; er glaubte vielmehr den Beruf zu haben, aus dieser Erscheinung den Grund der Farben herzuleiten. Diese sucht er nämlich aus einer umdrehenden Bewegung der Lichtkügelchen und aus dem Angrenzen des Lichts und Schattens zu erklären, ohne auch nur den geringsten Nutzen für den eigentlichen Zweck daraus zu ziehen. Auch, sagt er, habe er anfänglich gezweifelt, ob die Farben an dem Regenbogen auf gleiche Art, wie in dem Prisma erzeugt würden. Denn er habe keinen Schatten daran wahrgenommen, welcher das Licht begrenzte; auch habe er nicht gewußt, warum die Farben nur unter gewissen Winkeln erschienen; endlich habe er, um die Winkel zu entdecken, unter welchen sie nach zwey Brechungen und einer oder zwey Zurückwerfungen ins

Auge kommen, die Wege der Strahlen einer Berechnung unterworfen.

Seine Berechnungen hierüber sind sehr weitläuftig und umständlich, weil die Vortheile der Rechnung des Unendlichen noch nicht entdeckt waren. Er nimmt das Brechungsverhältniß aus Luft in Glas nach den genauesten Erfahrungen 250 : 187 an, theilt den Halbmesser des Tropfens in 10000 gleiche Theile, läßt auf jeden Theilungspunkt einen Sonnenstrahl fallen, und berechnet für die zehn Strahlen, die in den Anfang jedes Tausend fallen, die Winkel, unter welchen sie nach einer oder nach zwey Reflexionen aus dem Tropfen ausgehen. Für die einmalige Zurückwerfung findet er beym 8000sten Strahle vom Mittelpunkte aus gerechnet den Winkel dem = 40° 44′, als den größten unter allen. Auf diesen berechnete er weiter den Winkel dem vom 8000sten bis zum 9800sten Strahle für alle, die in den Anfang eines Hundert fallen und findet so, daß ihr Werth für alle Strahlen zwischen dem 8500sten und 8600sten in Minuten gleich, nämlich allezeit 41° 30′ ist. Eben so verfuhr er mit dem Winkel kem, den er, wenn er ein Kleinstes ist, 51° 54′ groß fand. Für diese Winkel ändert sich die Lage des auffallenden Strahls unmerklich, wenn gleich der Strahl dem Mittelpunkte des Tropfens merklich in Rücksicht auf den ganzen Halbmesser sich nähert, oder davon entfernt. Ein Auge also, welches den Tropfen unter diesen Winkeln sieht, bekommt mehr Strahlen, also mehr Licht, als unter andern Winkeln. Dies ist die erste richtige Erklärung der Größe der Bogen, welche das Auge unter solchen Winkeln siehet, unter welchen es das meiste Licht erhält, und zugleich die erste mathematische Berechnung derselben, welche

jetzt

jetzt durch Hülfe der Rechnung des Unendlichen kürzer und überzeugender angestellt werden kann.

Cartesius hat also die Erscheinungen der beyden Regenbogen auf diese Art richtig erklärt; nur irrte er in dem Physikalischen. Es wird dadurch, daß wir die meisten Strahlen unter den gedachten Winkeln erhalten, kein Schatten, und daher Farben, verursacht, sondern wir empfinden nur auf solche Art die Tropfen, die uns das Licht zusenden, desto stärker. Das Auge bekommt wegen des sich unmerklich verändernden Winkels dem, kem, wenn sich auch die Einfallspunkte b und g ändern, Parallelstrahlen, mithin das Licht ungeschwächt ins Auge, gerade wie sie auffallen. Hätten aber alle diese Strahlen gleich viel Brechbarkeit, wie Cartesius damals annahm, so würden wir am Himmel nur einen glänzenden oder hellen Streifen wahrnehmen. Cartesius hat also nur erwiesen, daß wir am Himmel zwey concentrische Kreisbogen sehen müssen, deren Halbmesser 41° 30′ und 51° 54′ einnehmen, und deren Breite dem Sonnendurchmesser gleich ist. Es blieb also nur noch der einzige Umstand zurück, auch die Farben des Regenbogens zu erklären. Dies war aber einem Newton vorbehalten.

Untersuchungen und Bemerkungen, welche das Sehen betreffen.

Kepler hatte schon richtig gezeigt, daß das Bild einer Sache, um sie deutlich zu sehen, auf die Netzhaut des Auges fallen müsse (Th. I. S. 188.). Von dieser Erklärungsart des deutlichen Sehens überzeugte sich Christoph Scheiner [o]) durch unmittelba-

o) *Schotti* magia naturalis. Herbipoli 1654. 4. P. I. lib. II. prael. IV. optica propos. III. p. 87.

bare Versuche. Er schnitt an einem Ochsen- oder Schafsauge die hintern Häute bis auf die Markhaut weg, um dadurch ins Auge sehen zu können; hier erblickte er die Bilder derjenigen Gegenstände, welche vom Auge in gehöriger Entfernung sich befanden, auf der Markhaut deutlich. Auch am menschlichen Auge nahm er dieses zu Rom im Jahre 1625 wahr.

Ueberhaupt führt Scheiner verschiedene Bemerkungen über das Sehen an, welche des Anführens werth sind. Er gab sich ausserordentliche Mühe, die Dichtigkeit und die brechende Kraft der verschiedenen Feuchtigkeiten des Auges zu entdecken. Er meint, die krystallene Feuchtigkeit sey wenig vom Glase verschieden, die wässerichte Feuchtigkeit hingegen komme in Rücksicht der vergrößernden Kraft mit dem Wasser überein, und das Mittel zwischen beyden halte die gläserne Feuchtigkeit. Den Gang der Sehestrahlen durch diese Feuchtigkeiten zeigt er genau und deutlich, untersucht alle Hypothesen über den Sitz des Sehens, und zeigt, daß dieser auf der Netzhaut sey [p]).

Sehr umständlich stellt er die Uebereinstimmung des Auges mit der dunkeln Kammer dar, und giebt verschiedene Mittel an, wie man die Bilder der Gegenstände aufrecht machen könne [q]). Warum wir aber die Objekte aufrecht sehen, ungeachtet sie sich auf der Netzhaut verkehrt abmahlen, erklärt er wie Kepler [r]).

Ferner bewies auch Scheiner durch Versuche, daß das Auge die Fähigkeit besitze, bey Betrachtung ent-

p) Oculus s. fundamentum opticum, in quo radius visualis eruitur etc. Lond. 1652. 4. p. 193.
q) Ibid. p. 176.
r) Ibid. p. 192.

entfernter Gegenstände sich zu erweitern, und naher Objekte sich zusammenzuziehen. Er sagt, wenn eine Person ein kleines Objekt nahe am Auge betrachte, so bemerke man ganz deutlich, daß sich der Augenstern verengere, und sich wieder erweitere, so bald es vom Auge entfernt werde [s]).

Noch weiter zeigte Scheiner durch einen Versuch, daß die Sehestrahlen von einem Objekte, das durch ein kleines Loch in einem Brete oder Papiere betrachtet wird, sich erst durchkreuzen, ehe sie ins Auge kommen. Wenn man nämlich die Schärfe eines Messers an das Bretgen zur Seite nach dem Auge zu hält, und längst demselben fortbewegt, so wird derjenige Theil des Objekts verdeckt werden, welcher der Schärfe des Messers in Rücksicht auf das Loch entgegengesetzt ist [t]).

Sticht man mit einer Nadel in ein Blech zwey oder mehrere Löcher, deren Entfernung von einander nicht größer als der Durchmesser des Augensterns ist, und hält das Blech nahe an das eine Auge, indem das andere geschlossen ist, so wird man, sagt er, einen entfernten Gegenstand so vielmal vervielfältigt sehen, als Löcher in dem Bleche sind, und zwar noch deutlicher, als wenn man ihn, ohne etwas vor die Augen zu halten, betrachtet [u]). Hiebey bemerkt er aber, daß das Objekt in einer gewissen Entfernung vom Auge auf solche Art betrachtet nicht vervielfältigt erscheint [v]).

Wird

s) Oculus f. fundamentum opticum, etc. p. 31.
t) Ibid. p. 32.
u) Ibid. p. 37.
v) Ibid. p. 41.

Wird ein kleiner Körper in einem Loche von etwa einem Zolle Durchmesser aufgehängt, und das Auge sieht aus einem dunkeln Orte durch das Loch auf mehrere brennende Kerzen, so wird es, wie Scheiner sagt, den kleinen aufgehängten Körper so vielmal sehen, als brennende Kerzen vorhanden sind [w]). Diese Erscheinung rührt von dem Schatten des kleinen Körpers her, welche durch die Kerzen vervielfältigt werden.

In den Schriften des Cartesius finden sich verschiedene Bemerkungen, welche das Sehen betreffen und angeführt zu werden verdienen. Die gewöhnliche Art und Weise, die Entfernung, Größe und Lage der sichtbaren Gegenstände nach der Richtung der Augenaxen zu schätzen, sucht Cartesius [x]) durch das Beyspiel eines Blinden zu erläutern, welcher von der Entfernung und Größe einer Sache vermittelst zweyer Stäbe, selbst von unbekannter Länge, ein Urtheil fället, wenn seine Hände, in welchen er die Stäbe hält, in einer bekannten Entfernung und Lage gegen einander sind.

Daß das Bild eines aufrechten Gegenstandes auf der Netzhaut verkehrt liegt, und daß wir mit zwey Augen nur einfach sehen, sucht er ebenfalls durch einen Blinden zu erläutern. Wenn dieser, sagt er, ein Paar Stäbe in seinen Händen halte, so daß sie sich durchkreuzen, um damit das obere und untere Ende eines lothrecht stehenden Gegenstandes zu befühlen, so werde er das für das obere Ende halten, was er mit dem in der untern Hand befindlichen Stabe berühre. Da nun

w) Oculus s. fundamentum opticum, etc. p. 49.

x) Dioptrica. cap. IV. §. 9.

nun der Blinde einen Gegenstand für einfach halte, wenn er ihn gleich mit beyden Händen anfühle, so erhalte auch unsere Seele nur einen einzigen Eindruck des betrachteten Objekts, obgleich dieses in beyden Augen zwey Bilder verursache [y]). Dabey bemerkt er aber ganz richtig, daß, wenn durch eine Verdrehung des Auges die gewöhnliche Art, das Bild eines betrachteten Gegenstandes zu empfinden, verändert wird, man alsdenn denselben für doppelt halte. Er erläutert dies wiederum mit dem Gefühle bey einer ganz ungewöhnlichen Lage der Hände oder Finger. So halte man eine einzige Kugel, die man zwischen zwey kreuzweis über einander gelegten Fingern fasse, für zwey [z]).

Es sey aber zu bemerken, daß alle Arten, ein Urtheil von der Entfernung der Gegenstände zu fällen, sehr unsicher und zweifelhaft sind; denn das Auge könne sich in einer Entfernung über 4 oder 5 Fuß nicht weiter verändern. Er glaubt nämlich, daß bey veränderter Entfernung des betrachteten Gegenstandes auch die Figur des ganzen Auges sich verändere, und hiemit zugleich ein Theil des Gehirns, wodurch die Seele die Entfernung zu schätzen wisse. Weil sich überdem bey großen Entfernungen der Winkel der Augenaxen gar nicht merklich ändere, so könne man, sagt er, sich gewöhnlich gar keine Entfernungen, die größer als 100 oder 200 Fuß sind, vorstellen. Deßwegen schiene die Sonne und der Mond nur einen höchstens zwey Fuß groß zu seyn. Dieses rühre aber nicht daher, weil wir sie uns nicht größer gedenken könnten; denn Thürme und Thäler stellten wir uns weit

y) Dioptrica. §. 10.

z) Ibid. §. 18.

weit größer vor, sondern weil wir sie uns nicht weiter als etwa 200 Fuß entfernt vorstellen könnten [a]).

Bey der Schätzung der Größe der betrachteten Gegenstände käme es auch vorzüglich mit auf die Lage derselben an. So erschienen uns die Himmelskörper gegen den Scheitel zu immer kleiner, als im Horizonte, indem im letztern Falle die Himmelskörper wegen der zwischen diesen und dem Auge liegenden Gegenständen nicht so weit entfernt zu seyn schienen, als wenn sie im Scheitel stünden [b]).

Auch kämen uns weisse und stark glänzende Körper immer größer und etwas näher vor, als sie wirklich wären; denn bey der Betrachtung derselben werde der Augenstern etwas zusammengezogen, wie bey der Betrachtung naher Objekte, und daher werde eine Empfindung wie von einer nahen Sache erregt. Selbst ihr Bild sey auf der Netzhaut größer, weil die angrenzenden Nervenfasern an der Stelle, wo es hinfalle, von dem stärkern Lichte mit gerührt würden [c]).

Weniger richtiges vom Sehen hat Gassendi gesagt. Er glaubt, daß Sonne und Mond im Horizonte deßwegen größer erscheinen, weil sich der Augenstern wegen des schwächern Lichts erweitere [d]). Daß wir mit zwey Augen nur einfach sehen, erklärt er daher, weil wir bey der Betrachtung des Gegenstandes nur ein Auge gebrauchten, während dessen das an-

a) Dioptrica §. 20.

b) Ibid. §. 21.

c) Ibid. §. 22.

d) Physica. sect. II. membr. post. lib. VII. cap. VI. in opp. Vol. II. p. 389.

andere ruhe[e]). Auch du Tour hatte diesen Gedanken, und suchte ihn durch mancherley Versuche zu bestätigen, wie in der Folge weiter angeführt werden wird.

Ueberhaupt besaß man damaliger Zeit noch sehr unvollkommene Kenntnisse, selbst einige der bekanntesten Erscheinungen beym Sehen richtig zu beurtheilen. Ein Beyspiel hievon findet man bey Kircher[f]). Ein gewisser Joseph Bonacursius nämlich, welcher sich mit Kirchern über die Natur des Lichts unterhielt, behauptete, er könne machen, daß jemand im Dunkeln so gut wie am hellen Tage sehen sollte. Es schien dies Kirchern unglaublich zu seyn; nachdem er aber den Versuch anstellte, fand er mit großer Verwunderung, daß diese Sache wirklich ihre Richtigkeit habe. Es hat damit folgende Bewandtniß. Es wird in einem verfinsterten Zimmer eine Oefnung in einem Laden gegen die Sonne gelassen und mit dünnem Papiere, worauf eine leichte Zeichnung entworfen ist, überzogen. Nachdem man dieses Papier eine Zeitlang, ohne auf etwas anders seine Augen zu richten, betrachtet hat, verschließt man die Oefnung, und nimmt ein weisses Papier. Dann, sagt Kircher, werde man auf dem weissen Papiere einen Kreis mit allerhand nach einander abwechselnder Farben wahrnehmen, und endlich die in dem Fensterladen entworfene Zeichnung, die theils verkehrt, theils aber auch bisweilen aufrecht erscheint. Diesen Versuch empfiehlt Kircher allen Naturforschern zu genauerer Untersuchung. — Er zeigt eigentlich weiter nichts, als daß der

e) Physica. sect. II. lib. VII. cap. VII. in opp. Vol. II. p. 395.

f) Ars magna lucis et umbrae. Amstel. 1671. fol. lib. II. P. II. cap. I. p. 118.

der Eindruck, welchen die Seele aus der langen und aufmerksamen Betrachtung eines Gegenstandes im Hellen erhält, noch eine Zeitlang im Dunkeln fortdauert. — Kircher aber folgert daraus, daß sich die Beschaffenheit des Lichts, der Farben und der Bilder zu dem Auge eben so verhalte, wie das Licht zum Bologneser Leuchtstein, welcher das Licht, das er eingesogen, auch eine Zeitlang behalte. Ueberdem meint er auch, daß das Bild im Auge durch die krystallene Feuchtigkeit im Finstern auf das Papier strahle.

Gegen die gemeine Meynung, daß das Bild eines Gegenstandes, welchen man durch gebrochene und zurückgeworfene Strahlen sieht, sich in dem Durchschnitte des Sehestrahls mit dem Perpendikel von dem Gegenstande auf die brechende oder zurückwerfende Fläche sich befände, hatte schon Kepler einige Einwendungen gemacht (Th. I. S. 178.). Sehr wahrscheinlich wurde durch diese der Engländer Barrow bewogen, diesen Gegenstand einer genauern Untersuchung zu unterwerfen. Seine Gedanken hierüber findet man in seinen 1674 zu London herausgekommenen lectionibus opticis (Montucla führt von dieser vortreflichen Schrift eine ältere Ausgabe von 1669 an).

Gegen die allgemeine Regel der Alten wendete Barrow ein, daß die Erfahrung, worauf sie sich gründe, bey den krummen Spiegeln ungewiß wäre, und daß das erwähnte Perpendikel gar keine Wirkung verursachen könne, indem es doch nur ein bloßes geometrisches Ideal sey. Auch bey der Brechung scheine der ins Wasser gesenkte Theil eines glänzenden Fadens, z. B. eines Silberdraths, gegen das Auge zu rücken. Daher, sagt er, sey es irrig, daß ein jeder Punkt da er-

erscheine, wo der gebrochene Strahl den senkrecht auffallenden schneidet. Dagegen nimmt er an, daß der Ort des Bildes von einem Punkte in der Spitze des auf den Augenstern fallenden Strahlenkegels liege (in vertice coni reflexi aut refracti), und behauptete, daß sich das Auge verlängere oder verkürze, um ein deutliches Bild zu erhalten, und die Seele urtheile dadurch von der Entfernung des Bildes. Hieraus bestimmt er nun, daß bey der Brechung aus der stärker brechenden Materie in die weniger brechende und bey den erhabenen Spiegeln das Bild jederzeit vom Perpendikel gegen das Auge zu rücke, beym Planspiegel aber in das Perpendikel selbst, und beym Hohlspiegel weiter vom Auge wegfalle. Hierüber giebt er einige sehr schöne geometrische Bestimmungen, und kommt der Entdeckung der Brennlinien sehr nahe, die nichts weiter als geometrische Oerter mehrerer solcher Spitzen von Strahlenkegeln sind. Diese wurden aber erst von dem Herrn von Tschirnhausen wirklich gefunden.

So richtig aber auch Barrow seinen Satz von der scheinbaren Lage des Bildes hielt, so machte er doch selbst dagegen einen Einwurf, den er nicht zu beantworten vermochte. Es ist nämlich dieser: man sehe Bilder von Gegenständen durch erhabene Spiegel betrachtet, obgleich die Vereinigungspunkte der Strahlen oder die Spitzen der Strahlenkegel nicht vor dem Auge, sondern vielmehr erst hinter demselben liegen. Wie Berkley diesen Einwurf zu heben gesucht hat soll in der folgenden Periode angeführt werden.

Zurückwerfung des Lichts.

Kepler hatte bemerkt, daß Linsengläser Bilder von Gegenständen durch Zurückwerfung des Lichts

machten und hatte dabey den besondern Einfall, daß diese Bilder von der Luft entstünden, welche sich an die hintere Fläche der Linse anlege, und gleichsam als Belegung eines Spiegels diene. Um diesen Gedanken entweder zu bestätigen oder zu widerlegen, stellten die Mitglieder der Akademie del Cimento [g]) folgenden Versuch an. Sie kütteten ein Linsenglas an die Oeffnung eines gläsernen Gefäßes, welches sich in eine Röhre von der Länge einer Barometerröhre endigte, füllten hierauf diesen Apparat mit Quecksilber an, und kehrten ihn um, um in dem gläsernen Gefäße einen luftleeren Raum zu bewirken; hiernächst brachten sie diese Vorrichtung in ein dunkeles Zimmer, und stellten nahe an die Glaslinse eine schwach brennende Kerze; hier sahen sie zwey durch zurückgeworfenes Licht verursachte Bilder, ein kleineres sehr lebhaftes und beständig aufrechtes vor der vordern erhabenen Glasfläche, und ein größeres matteres und mehrentheils umgekehrtes vor der innern hohlen Fläche der Glaslinse, obgleich die Linse keine Luft berührte. Um aber hiebey alle mögliche Sorgfalt anzuwenden, brachten sie durch das Quecksilber Weingeist in den leeren Raum, damit dieser die Quecksilbertheilchen, welche sich vielleicht an die Linse angehängt haben möchten, davon abwasche. Allein die beyden Bilder blieben immer die nämlichen, und sie fanden gar keinen Unterschied, wenn sie auch wieder Luft in das gläserne Gefäß ließen.

Eine andere hieher gehörige sehr merkwürdige und wunderbare Erscheinung ist diese: es geschieht zuweilen, daß in der Luft über der Meerenge von Messina Bilder von entlegenen Objekten sich abspiegeln, und ein

g) Tentamina experim. edit. a *Musschenbroek* p. 66.

ein überaus angenehmes und unterhaltendes Schauspiel gewähren. So erscheinen bisweilen Schlösser, ganze Städte, schattigte Wälder, weit ausgebreitete Fluren mit darauf befindlichen Menschen und weidenden Heerden, nicht allein mit abwechselndem Lichte und Schatten, sondern auch mit allen möglichen Verrichtungen und Bewegungen, welche Menschen und Thiere vorzunehmen pflegen, in der Luft schwebend. Der fleissige Kircher untersuchte die dasige Gegend im Jahre 1636 etwas genauer, und fand, daß der Sand, die Ufer und der Grund des Meeres auf der Seite von Calabrien viel gypsige, spiesglanz- und glasartige Materien enthalte. Daraus schließt er, die ausserordentliche Sonnenhitze, bey welcher gerade dergleichen wunderbare Erscheinungen wahrgenommen werden, müßte davon Theilchen verflüchtigen, welche in der Luft eben so wie Spiegel wirkten, so daß also das Auge diese sonderbaren Erscheinungen durch zurückgeworfenes Licht erblicke [h]). In der folgenden Periode werde ich Gelegenheit haben, noch einmal hievon zu reden.

Daß das Licht durch verschiedene Zurückstrahlungen an undurchsichtigen Körpern endlich so geschwächt werde, daß es sich zuletzt ganz verliert, bemerkt Otto von Guericke [i]). Hieraus erklärt er, warum man in einer tiefen Grube die Sterne beym hellen Tage sehen könne; es gienge nämlich das Sonnenlicht durch die mannigfaltigen Zurückwerfungen längst der Grube hinunter verlohren, so daß es das Auge des Beobachters unten in der Grube nicht erreichen könnte,

h) Ars magna lucis et umbrae. Amst. 1671. fol. p. 704.
i) Experimenta nova Magdeburgica lib. V. cap. XII. p. 141.

te, daher es auch daselbst beständig finster wie in der Nacht wäre.

Farben.

Ich finde gleich anfänglich für nöthig zu bemerken, daß die Lehre von den Farben in diesem Zeitraume unter allen übrigen Gegenständen, welche zur Physik gehören, die wenigsten Fortschritte gemacht hat. Erst durch Newton gewann sie eine ganz andere Gestalt, so sehr man auch vorher sich bemühete, das Wesen der Farben und ihre Eigenschaften aufzufinden. So unglücklich aber auch alle diese Untersuchungen ausfielen, so verdienen sie doch hier kürzlich angeführt zu werden, indem sie besonders Veranlassung gaben, über die wahre Sache weiter nachzudenken, und zugleich daraus zu erkennen, welche Schwierigkeiten erst zu überwinden sind, ehe man zum vorgesteckten Ziele kommt.

Cartesius, welcher sich von der Natur des Lichts eine ganz eigene Vorstellung machte, suchte die verschiedenen Farben aus den beyden Bewegungen seiner Lichtkügelchen herzuleiten. Wenn nämlich die drehende Bewegung stärker, als die geradlinigte sey, so soll die rothe Farbe entstehen; wenn aber die leztere stärker als die erste ist, die blaue; und wenn beyde Bewegungen einander gleich sind, die gelbe. Aus diesen drey Farben hatte man schon längst nach dem verschiedenen Verhältnisse ihrer Mischung alle übrige Farben zusammengesetzt.

So wenig Befriedigendes aber auch seine Theorie vom Lichte und den Farben gewährt, so unterschied er das Weisse vom Schwarzen doch eben so, wie nach-

nachher Newton. Er sagt nämlich, das Schwarze ersticke oder verlösche alle auffallende Strahlen, das Weisse aber sende sie unverändert zurück; er setzt noch hinzu, daß das, was eine Veränderung beym Zurückwerfen in den Strahlen hervorbringe, roth, gelb, blau u. s. w. sey [k]).

Cartesius kam hiebey auch auf den sinnreichen Gedanken, welchen nachher Newton weiter ausgeführt hat, die Farben mit den Tönen zu vergleichen. Da er nämlich das Licht als eine Bewegung einer feinen flüssigen Materie annahm, auf welche Art es so viele Aehnlichkeit mit dem Schalle hat, so, sagt er, könne man die Wirkung der dem Auge so angenehmen grünen Farbe mit der Octave der Musik, so wie die übrigen Farben mit den künstlichen Accorden eines musikalischen Stücks vergleichen, oder auch die grüne Farbe mit dem Brode, das man zu den Speisen genieße, und die übrigen Farben mit den ausgesuchten Brühen eines Kochs, die man aber eher müde werde, als die einfachen Speisen [l]).

Keiner aber hat in diesem Zeitraume in der Lehre der Farben mehr gearbeitet, als Robert Boyle. Er stellte eine sehr große Menge von Versuchen an, um hieraus das Wesen und den Ursprung der Farben, so wie die Beschaffenheit der Körper, wovon sie abhangen, herzuleiten und zu erklären. Die Veranlassung zu diesen Untersuchungen gab ihm die ausserordentliche Liebe zur Chemie, worin er besonders sehr fleissig gewesen ist, und wovon noch einiges, was in die

k) Dioptrica. cap. I.

l) De homine. p. 66.

die Physik gehört, in der Folge angezeigt werden wird.

Nach Boyle sind die Farben modificirtes Licht, und befinden sich nicht in den Körpern, wo sie erscheinen. Dies letztere zu beweisen beruft er sich auf die Träume, wo uns die Gegenstände gefärbt vorkommen, so wie auf die Farben, welche wir bey einem Schlage auf das Auge, oder in gewissen widernatürlichen Zuständen dieses Organs, oder endlich in Krankheiten gewahr werden, wobey er folgende sonderbare Thatsache anführt: mehrere Einwohner einer Stadt, wo die Pest herrschte, sahen, bevor sie die Ansteckung betraf, einige nur wenige Stunden lang, andere einen ganzen Tag ihre Kleider mit den lebhaftesten Farben glänzen, welche den Regenbogenfarben glichen und auf einander folgten.

Er wurde durch mancherley Betrachtungen auf den Gedanken geleitet, daß die Verschiedenheit und Veränderung der Farben nicht immer einen Unterschied und eine Umänderung der innern Beschaffenheit der Körper anzeige; gleichwohl war er geneigt zu glauben, daß eine solche Veränderung der Farben sehr oft beträchtliche Veränderungen in der Lage der Theile gegen einander zu erkennen gebe, welches aus der Ausziehung der Tinkturen, und aus mehreren andern chemischen Operationen erhelle, in welchen die Veränderung der Farben das vornehmste und oft einzige Merkmal sey, nach welchem sich der Künstler bey ihrer Zubereitung richten müsse. Beyspiele hievon geben mehrere Gattungen von Früchten, wie z. B. Kirschen, Pflaumen u. s. f., deren äusserliche Theile, so wie die Früchte allmählig reifen, eine Farbe

be nach der andern annehmen. Ein nicht so gemeines Beyspiel, sagt er, giebt das Verfahren, Stahl zu Grabsticheln, Bohrern, Federn und andern mechanischen Instrumenten zu härten, an die Hand; der zu härtende Stahl werde nämlich im Kohlfeuer geglühet, aber nicht sogleich, als er aus dem Feuer komme, ins Wasser gebracht, sondern so lange über dem Gefäße mit Wasser gehalten, bis die Weißglühe sich in das rothe Glühen verwandele, worauf er alsdenn sogleich im Wasser gelöscht werde. Der so geglühete Stahl werde, wenn er gut gerathe, ins Weisse fallen. Wenn er nun an dem Ende polirt und in eine Lichtflamme gehalten werde, so daß das polirte Ende etwa einen halben Zoll von der Flamme entfernt liege, so werde es seine Farbe mehrmals geschwinde hinter einander verändern. Die hellgelbe Farbe desselben verändere sich nämlich in ein dunkler röthliches Gelb, und dieses erst in ein blasses, und darauf ein dunkles Blau. Eine jede von diesen auf einander folgenden Farben zeige eine besondere Veränderung, welche im Gewebe des Stahls vorgegangen sey, an. Denn wenn man ihn zu der Zeit, da er noch gelb sey, von der Flamme entferne, und ihn sogleich in Talg ablösche, so werde er so hart, daß man ihn zu Grabsticheln, Bohrern, und andern mechanischen Werkzeugen gebrauchen könne; halte man ihn aber einige Minuten länger in der Flamme, bis er die blaue Farbe annehme, so werde er weicher, und sey nun zu Uhrfedern brauchbar, welche gewöhnlich auch blau aussähen; werde endlich der Stahl noch länger in die Flamme gehalten, nachdem sich schon die dunkelblaue Farbe gezeigt hat, so werde er so weich, daß er auch nicht mehr zu Federmessern tauge. Auf solche Art könne sich jederman von der Härte des Stahls durch die Beschaffenheit der Farbe leicht

überzeugen, wenn er entweder durch eine Feile oder durchs Zerbrechen eines dünnen Draths, der beym Härten verschiedene Farben bekommt, die verschiedenen Grade der Härte und der Zerbrechlichkeit dabey beobachtet [m]). Indessen bemerkt er, daß diese Farben, so lebhaft sie auch sind, sich doch nur auf der Oberfläche befänden. Denn wenn man den Stahl zerbreche, so zeigten weder das Innere desselben, noch die Theile zunächst der Oberfläche, bis auf die Dicke eines Haares etwas von diesen Farben [n]).

Auf eine ähnliche Art bemerkte Boyle verschiedene Farben auf der Oberfläche einer großen über starkem Feuer geschmolzenen Masse von reinem Bley. Als er nämlich dieselbe in ein eisernes Gefäß goß, und das Häutchen sorgfältig und geschwind wegnahm, so erblickte er auf der spiegelnden Oberfläche eine Reihe sehr schöner Farben geschwind hinter einander erscheinen, bis das Metall sich abzukühlen anfieng, in welchem letzten Falle diejenige Farbe, die sich zuletzt gezeigt hatte, darauf blieb, aber nur, wie am Stahle, die Oberfläche einnahm. Indessen war die Reihe der auf einander folgenden Farben nicht so regelmäßig, wie beym Stahle, vielmehr folgten sie auf eine unordentliche Art, und so geschwind nach einander, daß er sie kaum niederschreiben konnte: sie waren blau, gelb, purpur, blau, grün, purpur, blau, gelb, roth, purpur, blau, gelb, und blau, gelb, blau, purpur, grün, gemischtes Gelb, roth, blau, grün, gelb, roth, purpur, grün [o]).

Ueber-

m) Experimenta et considerationes de coloribus. Pars I. cap. II. in opp. var.

n) Ibid. cap. III. §. 3.

o) Ibid. §. 4.

Ueberhaupt schienen seine Beobachtungen und Versuche zu bestätigen, daß es bey den Farben vorzüglich auf das Gewebe der oberflächlichen Theile der Körper, auf ihre Porosität, ihre Größe, ihre Verbindung, und auf die Lage des Auges sowohl als des Gegenstandes ankomme. Denn unter solchen Umständen fand er oft an sehr ungleichartigen Körpern ein und die nämlichen Farben, da sie sonst unter andern Umständen ganz verschiedene Farben zeigten, u. s. w. Er meint, die Farben, als modificirtes Licht, verursachten auf der Netzhaut ein ähnliches Gefühl, und dadurch eine Verschiedenheit derselben, wie sonst die Körper beym Berühren in uns hervorbrächten, nur mit dem Unterschiede, daß das erstere Gefühl weit feiner, als das letztere, wäre. Dies beweißt er durch das Beyspiel eines Blinden, welcher durch das Gefühl die Farben zu unterscheiden wußte [p]).

Die weisse Farbe der Körper leitet er davon ab, daß sie von ihren Oberflächen eine größere Menge Lichtstrahlen, als andere Körper zurückwerfen; imgleichen von der Art und Weise, wie ihre Oberflächen gebildet sind, die seiner Meynung nach aus kleinen Spiegeln bestehen. Zum Beweise ersterer Behauptung führt er folgende Thatsachen an: 1. das weisse Ansehen der Sonne, wenn man diese des Mittags im Wasser betrachtet; 2. die nachtheiligen Wirkungen des Schnees auf die Augen. Er sagt: viele Gelehrte wären der Meynung, der Schnee glänze nicht durch ein geborgtes, sondern durch ein eigenthümliches Licht; als er aber in ein völlig finsteres Zimmer Schnee gebracht

p) Experimenta et considerationes de coloribus. §. 6-11.

bracht habe, so hätte weder er, noch sonst jemand ihn sehen können; 3. die Menge der Zurückwerfungen des Lichts der weissen Körper, wenn man diess in einem verfinsterten Zimmer gegen das Sonnenlicht hält. So warf ein Stück weisses Papier weit mehr Licht zurück, als ein Papier von jeder andern Farbe, und ein beträchtlicher Theil des Zimmers wurde dadurch erleuchtet; 4. die Schwierigkeit, weisse Körper mittelst der Brennspiegel anzuzünden. Was die Gegenwart der Theilchen auf der Oberfläche der Körper, welche als Spiegel wirken, betrifft, so schließt er sie zuförderst daraus, daß ein weisser Körper die gefärbten Strahlen eines andern Körpers zurückwirft, ohne ihre Farben zu ändern, was doch bey der Zurückwerfung von einen gefärbten Körper geschiehet; ferner aus der weissen Farbe des destillirten Quecksilbers, so wie des aus Eyweiß verfertigten Schaumes; aus dem Pulver der durchsichtigen Körper; und endlich aus der Art und Weise zu bleichen und Silber zu putzen. Uebrigens zeigt er durch Versuche, daß die Oberfläche, um die Lichtstrahlen zurückwerfen zu können, nicht nothwendig kugelförmig seyn müsse [q]).

Weil die schwarze Farbe der weissen entgegengesetzt sey, so werde sie auch, sagt er, 1. daher rühren, daß die Lichtstrahlen, statt zurückgeworfen zu werden, in die Körper von dieser Farbe eindringen, welches er daraus folgert, daß sich dergleichen Substanzen leichter, als weisse erhitzen; 2. wären hier die auf den Oberflächen solcher Körper verbreiteten Kegel und Pyramiden im Spiele, deren Schatten sich mit den zurückgeworfenen Lichtstrahlen vermischen, und auf solche Wei-

q) Experimenta et considerationes de coloribus. Pars II. de natura albedinis et nigredinis. cap. I.

Weise das Licht schwächen. Als Beweis der rauhen Beschaffenheit der Oberflächen führt er den Blinden an, welchen Fink, Anatom des Grosherzogs von Toskana, zu Utrecht gesehen hatte. Dieser Blinde unterschied die Farben durchs Gefühl, und versicherte, die schwarze Farbe sey die rauheste. Wenn er schwarze Dinte auf weisses Papier brachte, so fand er, daß sie durch die Sonnenstrahlen bald vertrocknete, und daß das Papier, welches, da es noch weiß war, durch Hülfe des Brennspiegels sich nicht anzünden ließ, sogleich Feuer fieng. Ueberdem bemerkte er, daß, wenn er einen dünnen schwarzen Handschuh anzog, seine Hand an der Sonne sehr bald und stärker heiß ward, als wenn er sie blos, oder mit einem dünnen weissen ledernen Handschuh bedeckt dagegen hielt. Ferner ließ er sich einen großen Brennspiegel von schwarzem Marmor machen, und beobachtete, daß er ihn gar nicht blendete, wie ein anderer Spiegel würde gethan haben; auch konnte er, ungeachtet der Spiegel sehr groß war, kein Holz damit zünden, so lange er es auch in den Brennpunkt desselben hielt.

Um sich hievon noch mehr zu überzeugen, nahm er einen großen Dachziegel, wovon er die eine Hälfte weiß, die andere aber schwarz färbte, und legte ihn an einem Sommertage in die Sonne. Nachdem er ihn nun eine Zeitlang liegen gelassen hatte, fand er, daß der weisse Theil noch kalt war, da der schwarze schon eine große Hitze besaß. Bey einem andern Versuche ließ er den einen Theil des Ziegels seine natürliche rothe Farbe; es wurde dieser Theil zwar wärmer, wie der weisse, aber doch nicht so heiß, wie der schwarze. Auch bemerkte er, daß schwarz ausgeschlagene Zimmer dadurch nicht allein dunkeler, sondern

auch wärmer wurden. Hiebey führt er verschiedene Personen an, welchen solche Zimmer sehr lästig waren. Als einen andern Beweis seiner Hypothese führt er eine Erzählung eines glaubwürdigen Mannes an, welcher in einem heissen Erdstriche Eyer in kurzer Zeit an der Sonne dadurch habe gar machen sehen, daß man ihre Schaalen vorher schwarz gefärbt habe [r]).

Auch bemerkte Boyle einen auffallenden Unterschied der Farben an verschiedenen Körpern, wenn man sie im Sonnenlichte und nachher im Mondlichte betrachte. Gelbes Papier erschien im Mondlichte weit blässer, als am Tage, und fiel in ein blasses Strohgelb; rothes Papier veränderte seine Farbe ein wenig, und schien das Licht viel stärker zurückzuwerfen als alle übrige Farben; ein schön dunkelgrünes für sich allein betrachtet schien dunkelblau, aber gegen ein dunkelblaues gehalten schien es grünlicht, und gegen gelbes gehalten schien es noch blau wie zuvor; blaues fiel in dunkelpurpur; purpurnes schien wenig verändert; endlich rothes gegen gelbes gehalten gab dem letztern beynahe die Farbe eines blauen Packpapiers [s]).

Ausserdem giebt Boyle die Farben an, welche aus der Vermischung der Mahler- und der prismatischen Farben mit den einfachen Farben, worauf er sie fallen läßt, entspringen; ferner diejenigen, welche die Sonnenstrahlen annehmen, indem sie durch verschiedentlich gefärbte Strahlen hindurch gehen.

Er

r) Experimenta et considerationes de coloribus. cap. II.

s) Ibid. Pars III. continens experimenta promiscua circa colores exper. VII.

Er bemerkt zuerst die Veränderung der blauen Farbe des Veilchensyrups in Roth durch die Säuren, und in Grün durch die Laugensalze.

Aus allen seinen Versuchen und Beobachtungen erklärt er die Veränderungen der Farben, welche die Flüssigkeiten sowohl bey andern Flüssigkeiten, als bey festen Körpern hervorbringen, auf folgende Art: 1. indem sie in ihre Poren eindringen, füllen sie dieselben zum Theil aus, und verändern ihre Gestalt, 2. sie vertreiben die Körper, welche vorher die natürlichen Farben verhinderten, sichtbar zu werden, 3. sie trennen die vorher mit einander verbundenen Theilchen, 4. sie vereinigen andere vorher getrennte; 5. sie bringen manche Theilchen in eine andere Lage, 6. sie wirken vermöge ihrer Bewegung, und 7. sie bewirken die Verbindung der Salztheilchen eines Körpers mit den Theilchen der Oberfläche eines andern, woraus eine Veränderung der Größe und Gestalt entspringt. Auf diese Art muß man von den Salztheilchen des Scheidewassers die grüne Farbe herleiten, welche die Auflösung des Quecksilbers in dieser Flüssigkeit annimmt.

Hooke hatte sich von dem Wesen der Farben eine sonderbare Vorstellung gemacht. Man hatte bisher beständig drey Hauptfarben angenommen; Hooke aber wollte nur zwey, nämlich roth und blau, und betrachtete die andern als Vermischung derselben. Blau soll der Eindruck einer schiefen und verworrenen Erschütterung des Lichts auf der Netzhaut seyn, deren schwächerer Theil voran gehet, der stärkere nachfolgt; roth der Eindruck einer solchen Erschütterung, davon der stärkere vorangehet, und der schwächere folgt [t]).

Hooke

t) Micrographia. p. 64.

Hooke meint, die Vorstellung einer Farbe werde durch die Empfindung einer schiefen oder ungleichen Erschütterung des Lichts erregt, welche nur zwiefach seyn könne, weil sie nur zwey Seiten habe, dabey wären aber unendlich stuffenmäßige Abwechselungen möglich. Jede der beyden Arten fange mit Weiß an, und endige sich, eine mit dem dunkelsten Scharlach oder gelb, die andere mit dem dunkelsten Blau [u]).

Die Voraussetzung, daß nur die beyden Farben Roth und Blau die Grundfarben wären, suchte er durch einen Versuch zu beweisen. Er füllte nämlich ein prismatisches Gefäß mit einer starken Kupferauflösung an, die ein schönes Blau gab, und ein anderes mit einer starken Tinktur von Aloe, welche ein schönes Roth ward. Da nun an den Ecken der Gefäße die Farben schwächer, in der Mitte aber dunkeler waren, so glaubte er alle mögliche Farben dadurch hervorzubringen, wenn er zwey Seiten zusammen, und die Ecken nach entgegengesetzten Seiten stellte, und an verschiedenen Stellen durchsähe. Auf solche Art fand er zwar das nicht, was er vermuthete; allein dafür, sagt er, noch etwas wunderbarers; nämlich er konnte durch beyde Prismen, welche an einander gestellt waren, gar nichts sehen, ob sie gleich jedes für sich durchsichtig genug waren, wenn er sie auch zweymal so dicke nahm [v]). Diesen Versuch hat in der Folge Newton erklärt; da nämlich eine Gattung von Strahlen von dem rothen Liquor, die andere von dem blauen verschluckt wird, so lassen beyde zusammen keine von beyden durch.

Un-

u) Micrographia. p. 67.

v) Ibid. p. 74.

Unter diesen Artikel gehören die besondern und merkwürdigen Eigenschaften des Chamäleons, welche Kircher im Jahre 1639, als er zu Rom war, etwas genauer zu untersuchen Gelegenheit fand. Der gemeinen Sage nach sollte dieses Thier die Farben aller nahen Sachen, ausgenommen Weiß und Roth, annehmen. Kircher fand dies aber irrig; denn da er dieses Thier auf ein weisses Tuch setzte, so konnte man es kaum von dem weissen Tuche unterscheiden, und als er es auf ein grünes Tuch brachte, war es grün, wie das Tuch selbst. Diese Eigenschaften des Thiers schreibt er seiner Einbildungskraft zu, weil es dieselben nach dem Tode verliehrt [w]).

Da ich in der Folge keine Gelegenheit weiter haben werde, von diesem Thiere zu reden, so wird es meinen Lesern nicht unangenehm seyn, wenn ich ihnen hier aus einer neuern Schrift [x]) einige Nachrichten von demselben mittheile. Der Obristlieutnant Nairsone untersuchte dies Thier in Indien etwas genauer. Anfänglich beobachtete er es im Zustande seiner Freyheit, dann aber schloß er es in ein mit Gaze bedecktes gläsernes Gefäß ein, in welchem es über 6 Wochen lang ohne Nahrung lebte. Gewöhnlich glaubte man, die Haut dieses Thiers sey gewisser Maassen einem Spiegel ähnlich, der ohne Unterschied alles farbige Licht, was auf ihn falle, zurückwerfe. Allein de Nairsone fand dieses ungegründet, indem seine Haut das farbige Licht nicht anders, wie jeder andere wenig polirte Körper thun würde, zurückwerfe. Vielmehr glaubt

w) Ars magna lucis et umbrae. Amstelod. 1671. fol. p. 63.

x) Essai philosoph. sur les moeurs de divers animaux étrangers etc. Paris 1783.

glaubt er, daß der Grund dieser Erscheinungen im folgenden liege. Das Thier hat von Natur eine grüne Farbe, welche mehrerer und besonders folgender drey sehr deutlicher Schattierungen empfänglich ist; sächsisch grün; dunkel etwas ins blaue spielende Grün; und gelblich grün. In der Freyheit, und wenn das Thier ruhig und gesund ist, hat es eine schöne grüne Farbe, einige Stellen der Haut ausgenommen, welche wegen ihres dickern und körnigtern Gewebes eine mit röthlich braun und grünlich weiß gemischten Schattierung darstellen. Wenn das Thier, ohne geschwächt zu seyn, in freyer Luft gereizt wird, so nimmt es eine bläulich grüne Farbe an. Ist es schwach und befindet es sich nicht in freyer Luft, so wird die herrschende Farbe seiner Haut ein gelbliches Grün. Unter einigen andern Umständen, besonders aber bey der Annäherung eines Thiers von derselben Art männlichen oder weiblichen Geschlechts, oder wenn es sich mit einer Menge Insekten, welche man darauf geworfen hat, umgeben und davon geplagt sieht, so nimmt es fast augenblicklich die drey gedachten Schattierungen der grünen Farbe, eine nach der andern, an. Läßt man es, vorzüglich durch Hunger, sterben, so herrscht in diesem Falle anfänglich die gelbe Farbe, alsdenn verwandelt sich dieselbe beym ersten Grade der Fäulniß in die Farbe der abgestorbenen Baumblätter. Die Ursache dieser verschiedenen Veränderungen scheint erstlich darauf zu beruhen, daß das Blut des Chamäleons Veilchenblau aussieht. Diese Farbe behält es sogar einige Minuten lang auf der Leinwand und dem Papiere, besonders auf dem mit Alaunwasser getränkten. Fürs zweyte sind die verschiedenen Häute der Gefäße dieses Thiers in den Verästelungen derselben immer gelb. Was die Haut selbst anlangt, so erscheint der äussere

Theil derselben oder das Oberhäutchen von dem übrigen Theile getrennt, durchsichtig und ohne alle Farbe; die zweyte oder eigentliche Haut hingegen hat ein gelbes Ansehen, so wie auch alle Gefäße, welche sich daselbst endigen. Nach diesen Bemerkungen ist es wahrscheinlich, daß der angegebene Farbenwechsel auf der Mischung der gelben und blauen Farbe beruhe, woraus eine grüne Farbe von verschiedenen Schattierungen entspringt. Wird z. B. das gesunde und wohl genährte Thier gereizt, so fließt das Blut in größerer Menge von dem Herzen nach den äussern Theilen; alsdenn gewinnt die blaue Farbe des Bluts, womit die in der Haut vertheilten Gefäße angefüllt sind, das Uebergewicht über die gelbe Farbe, und hieraus entspringt die bläulich grüne Schattierung, welche durch das Oberhäutchen hindurch scheint. Ist im Gegentheil das Thier schwach, schlecht genährt und der freyen Luft beraubt, so sind die äussern Gefäße desselben weniger angefüllt, ihre Farbe gewinnt also die Oberhand, und erzeugt das gelbliche Grün, bis das Thier wieder in Freyheit gesetzt, gehörig genährt und ruhig gelassen wird, da es alsdenn wieder eine schöne Farbe bekommt, welche aus dem Gleichgewichte der Flüssigkeiten entspringt, und von dem vollkommensten Wolbefinden dieser Thiergattung zeigt.

Auch war Kircher der erste, welcher die merkwürdigen und besondern Eigenschaften der Tinktur des Nierenholzes bemerkte, die aber erst durch Newton auf eine hinreichende Art erklärt werden konnten. Er beschreibt dieses Holz als ein weisses Holz, das aus Mexico komme, und von den Einwohnern Coatl oder Tlapazatti genannt werde. Es heißt deßwegen Nierenholz (lignum nephriticum), weil die

Tink-

Tinktur in Nieren- und Blasenbeschwerden helfen soll, wozu es auch die Landeseinwohner gebrauchen. Kircher sagt, man habe bisher geglaubt, dieses Holz könne das Wasser nur himmelblau färben; allein er habe gefunden, daß es demselben alle Farben zu geben im Stande sey. Er brachte Wasser in eine Schale von diesem Holze, und ließ es eine Zeitlang darin stehen, wo es eine blaue Farbe annahm. Hiernächst goß er dieses Wasser in eine gläserne Kugel, und hielt es gegen ein starkes Licht; hier, sagt er, scheine es ohne alle Farbe so klar wie Quellwasser; wenn man es aber in einen etwas schattigen Ort bringe, nehme es eine grüne Farbe an, welche sich ins Rothe umändere, wenn man es in einen noch dunkelern Ort versetze. An einem ganz finstern Orte endlich oder in einem undurchsichtigen Gefäße werde es himmelblau. Kircher erhielt einen Becher von diesem Holze durch den Prokurator seiner Gesellschaft zu Mexico zum Geschenk, den er nachher dem Kaiser als eine besondere Seltenheit verehrte. Anfänglich, sagt Kircher, habe ihn die Veränderlichkeit der Farbe an dieser Tinktur sehr verwirrt, weil er nicht wisse, ob diese Farben wahre oder scheinbare, nach der damals gewöhnlichen Eintheilung, wären. Zuletzt aber führt er an, daß er die Ursache entdeckt habe, die er an einem andern Orte mitzutheilen gedenke, jedoch ohne sein Wort zu halten [y]).

Noch mehrere Beobachtungen und Versuche unter mancherley Umständen stellte Boyle an diesem merkwürdigen Holze an, welche hier kurz angemerkt zu werden verdienen. Er ist der erste, welcher die beyden sehr unterschiedenen Farben deutlich angegeben hat, wel-

y) Ars magna lucis et umbrae. Amstel. 1671. fol. p. 56.

welche die Tinktur von diesem Holze bey durchgehendem und zurückgeworfenem Lichte annimmt. Wenn diese Tinktur gerade zwischen das Auge und das Licht gebracht werde, so erscheine sie beynahe goldfarbig, ausgenommen, wenn sie zu stark sey, in welchem Falle sie mehr ins Dunkele oder Röthliche falle, und mit Wasser verdünnt werden müsse. Halte man aber das Auge zwischen das Licht und der Tinktur, so gebe sie eine schöne dunkelblaue Farbe, so wie auch die Tropfen, wenn etwa einige am Glase hiengen.

Nachdem er ein wenig von dieser Tinktur auf ein Stück weisses Papier brachte, und es ins Fenster im Sonnenschein legte, bemerkte er den Rücken gegen die Sonne kehrend, daß der Schatten seiner Feder, oder eines andern dünnen Körpers, welcher auf diese Flüssigkeit fiel, nicht ganz schwarz, wie sonst der gewöhnliche Schatten zu seyn pflegt, aussah, sondern daß ein Theil davon gefärbt war; der Rand nämlich hatte eine helle Goldfarbe, die innern Theile waren blau. Diese und andere Erscheinungen, welche ihm sehr wunderbar vorkamen, reizten ihn, die Ursache derselben zu entdecken.

Da er nun wahrgenommen hatte, daß diese Tinktur, wenn sie zu stark war, nicht so schöne Farben, wie sonst, zeigte, und überdem durch öfteres Aufgiessen frischen Wassers die färbende Eigenschaft des Holzes sich verlohr, so vermuthete er, es möchte wohl diese Tinktur viel von dem wesentlichen Salze des Holzes enthalten. Er setzte daher diese Tinktur einer Destillation aus, um etwa dadurch zu erfahren, ob die feinen Theilchen, als Ursachen der Farben, flüchtig wären um sie auf solche Art ohne Zerstörung ihrer Zusammensetzung abgesondert zu gewinnen; allein das Uebergegangene

fand

fand er so hell und klar, wie Quellwasser, der Rückstand aber war so dunkelblau, daß blos in sehr starkem Lichte sich Farben daran zeigten.

In eine sehr geringe Menge dieser Tinktur goß er ein wenig destillirten Weinessig und in dem Augenblicke verschwand die blaue Farbe, und die Goldfarbe blieb, er mochte sie gegen das Licht halten, wie er wollte. In dieser so veränderten Tinktur ließ er ein Paar Tropfen zerflossenen Weinsteinsalzes fallen, und sie erhielt augenblicklich ihre blaue Farbe wieder, wie vorher.

Eine noch weit größere Verschiedenheit der Farben nahm er wahr, wenn er diese Tinktur in einer langhalsigen Phiole in einem dunkeln Zimmer, worin das Sonnenlicht durch eine kleine Oefnung fiel, bald nahe an die Sonnenstrahlen, bald halb hinein, bald halb heraus hielt und die Lage der Phiole veränderte, und sie aus verschiedenen Orten des Zimmers betrachtete. Ausser den gewöhnlichen Farben spielte sie an einigen Stellen roth, an andern grün. Inwendig zeigten sich noch andere zwischen jene fallende Farben nach den verschiedenen Graden und ungleichen Mischungen des Lichts [z]).

Auch bemerkte Boyle am Golde den Unterschied zwischen durchgehendem und zurückgeworfenem Lichte. Nachdem er ein Goldblättchen zwischen das Auge und das Licht hielt, so sahe er daran eine grünlich blaue Farbe, welches auch bereits Harriot wahrgenommen hatte (Th. I. S. 211.). Dieselbe Veränderung der Far-

z) Experimenta et considerationes de coloribus. Pars III. exper. X.

Farbe bemerkte er auch bey dem Scheine einer Lichtflamme. Bey einem Silberblättchen aber zeigte sich keine [a]).

Die vorzüglichsten Erscheinungen an der Tinktur des Nierenholzes lassen sich nach Newton's Theorie von der verschiedenen Brechbarkeit der Lichtstrahlen in Rücksicht auf Brechung und Zurückwerfung, so wie von der Eigenschaft einiger Körper, gewisse Gattungen der Strahlen zurückzuwerfen und andere durchzulassen, erklären. Ein solcher Körper wird nämlich durch das zurückgeworfene Licht eine ganz andere Farbe zeigen, als wenn man ihn durch das durchgehende Licht siehet. Etwas ähnliches mit der Tinktur dieses merkwürdigen Holzes besitzen Luft und Meer, wie die Beobachtungen gelehrt haben. Es bleibt nur noch einer nähern Untersuchung werth, worin die Eigenschaft bestehe, einige Gattungen von Strahlen zurückzuwerfen, andere aber durchzulassen. Denn beynahe alle andere Tinkturen, selbst die des Nierenholzes, nach einiger von Boyle damit gemachten Veränderung, so wie alle andere halbdurchsichtige gefärbte Materien, als Glas, zeigen in jeder Lage des Auges einerley Farbe. Die verschiedene Menge derselben macht weiter keinen Unterschied, als daß die Farbe dunkeler oder blässer wird.

Ueber die Farbe dünner Körper findet man bey Boyle zuerst einige Bemerkungen. Daß, den Chemikern zu beweisen, Farben ohne irgend eine Veränderung in den schweflichten, salzigen und merkurialischen

a) Experimenta et considerationes de coloribus. experiment. IX.

schen Bestandtheilen der Körper, entstehen und vergehen können, bemerkt er, daß alle chemische wesentliche Oele, so wie guter Weingeist, bis zum Blasenwerfen geschüttelt, vielerley Farben spielen, welche verschwinden, wenn die Blasen zerplatzen. Man kann daher einem farbenlosen Liquor sogleich eine Menge Farben ertheilen, aber auch wieder nehmen, ohne die geringste Veränderung seiner Bestandtheile. Vorzüglich führt er die Farben an, die man an den Seifenblasen und an dem Terpentin wahrnimmt. Auch ließ er sich verschiedene mal dünne Gläser blasen, welche ähnliche Farben, wie die Seifenblasen, spielten. An einer Feder von gewisser Gestalt und Größe und an einem schwarzen Bande, welche er in gehöriger Entfernung zwischen seinem Auge und der Sonne hielt, bemerkte er eine Menge kleiner Regenbogen mit sehr lebhaften Farben, da man sonst an dergleichen Dingen keine wahrnimmt [b]).

Noch genauer und umständlicher untersuchte diesen Gegenstand D. Hooke. Dieser brachte vermittelst einer kleinen gläsernen Röhre verschiedene kleine Blasen aus Seifenwasser hervor, welche anfänglich ganz weiß erschienen, nach einiger Zeit aber, indem das Wasserhäutchen dünner wurde, zeigten sich alle Regenbogenfarben darauf, zuerst blaßgelb, darauf orange, roth, purpur, blau, grün u. s. f. Dieselbe Reihe von Farben entstand mehrmals hinter einander mit dem Unterschiede, daß die erstern und letztern Reihen matt, die mittlere aber sehr helle war. Nach diesen Veränderungen ward die Blase wieder weiß, und sogleich erschienen in der zweyten weissen Haut an verschie-

b) Experimenta et considerationes de coloribus. experiment. XIX.

schiedenen Stellen einige Löcher, welche allmählig sehr groß wurden, da sie zum Theil in einander liefen. Nach einigen angeführten nicht sonderlich erheblichen Beobachtungen sagt er: es sey wunderbar, daß, ungeachtet sowohl die umgebende als umgebene Luft Oberflächen besitze, er doch daran weder Zurückstrahlung noch Brechung wahrnehmen könne, welche doch an allen andern Theilen der eingeschlossenen Luft sich zeige. Es scheine zwar dieser Versuch anfänglich sehr unbedeutend zu seyn, allein er könne als einer der lehrreichsten zur Erforschung des Wesens und der Ursache der Zurückwerfung, der Brechung, der Farben, der Verwandschaft und Widerwärtigkeit und anderer Eigenschaften der Körper angesehen werden. Er versprach mehrere Untersuchungen hierüber anzustellen, ohne jedoch Wort zu halten. Inzwischen wurde dieser Gegenstand unter den Händen eines Newton mit weit besserm Glücke verfolgt. Hooke bemerkt ferner, daß ein und die nämliche Sache verschiedene Farben besitze, nachdem man sie durch zurückgeworfenes oder durchgehendes Licht betrachte, so etwa, wie die Tinktur vom Nierenholze. Auch von dieser Erscheinung wollte er eine Erklärung beybringen, ohne sein Versprechen zu erfüllen [c]).

Auch giebt D. Hooke zuerst eine Beschreibung von den schönen Farben, welche man an dünnen Blättchen Russischen Glases sieht. Schon das bloße Auge findet sie sehr schön, sagt er, weit schöner aber erscheinen sie durchs Mikroskop. Auf solche Art sahe er, daß diese Farben Ringe um die weissen Flecke oder Risse in diesen dünnen Körpern ausmachten; daß ihre

c) *Birch's* history. Vol. III. p. 29. 54.

re Ordnung die nämliche, wie am äussern Regenbogen war, und daß sie oft zehnmal wiederholt waren. Einige von diesen Farbenringen fand er weit heller, und einige weit breiter, als die andern. Waren sie an einem Orte breit, und dem bloßen Auge sichtbar, so konnte man sie durch einen Druck des Fingers auf diesen Ort an eine andere Stelle versetzen. Auch bemerkte er, daß man dieses Glas, wenn man gehörige Sorgfalt anwende, in Blättchen von $\frac{1}{6}$ oder $\frac{1}{8}$ Linie dick spalten könne, wovon ein jedes durchs Mikroskop eine oder die andere Farbe sehr lebhaft zeige [d]).

Schon einige Zeit zuvor hatte Lord Brereton eine ähnliche Bemerkung gemacht, welcher 1666 bey einer Versammlung der königlichen Gesellschaft einige Stücke Glas vorzeigte, die man aus einem Kirchenfenster sowohl von der Nord- als Südseite genommen hatte. Er fand, daß sie alle von der Luft angegriffen waren, und daß die von der Südseite einige Farben gleich den Regenbogenfarben an sich hatten, welche man an den von der Nordseite gar nicht wahrnahm [e]). Diese Erscheinung hat man seitdem oft, und in andern Umständen, beobachtet. In allen diesen Fällen schien das Glas in kleine Blättgen gesplittert zu seyn, welche aus demselben Grunde farbicht sind, aus welchem es die von D. Hooke beobachteten Seifenblasen und dünne Luftblättchen sind, worüber Newton etwas vollständigeres zu sagen im Stande war.

Unter noch andern Versuchen, welche D. Hooke der königlichen Gesellschaft vorlaß, um Newton's ihr eben

d) Micrographia. p. 48.

e) *Birch's* history. Vol. II. p. 104.

eben damals mitgetheilte Farbentheorie zu widerlegen, gehört besonders der mit dünnen Luftblättchen, welchen Newton nachher weiter verfolgt hat. Er nahm nämlich zwey dünne eben geschliffene und polirte Glasplatten, legte sie auf einander, und druckte sie zusammen, bis in der Mitte ein roth gefärbter Fleck entstand. Da er sie noch fester andruckte, so bemerkte er verschiedene Farbenringe um jene Stellen herum, bis zuletzt alle Farben aus der Mitte dieser Ringe verschwanden, und der mittlere Fleck weiß ward, welcher aber, wenn er die Platten noch mehr an einander druckte, einige schwarze Flecken bekam. Die erste Farbe, welche erschien, war roth, darauf folgten gelb, grün, blau, purpur; alsdenn wieder roth, gelb, grün, blau, purpur, und dieses in derselben Ordnung immer fort, so daß er bisweilen 9 oder 10 Ringe zählte, worin das Roth immer an den Purpur grenzte. Diese Ringe veränderten sich mit der Lage des Auges, so daß, ohne an den Gläsern etwas zu verändern, derjenige Theil, welcher in der einen Lage des Auges roth erschien, in einer andern blau, in noch einer andern grün u. s. f. aussah [f]).

Erfindungen optischer Werkzeuge.

Noch vor Cartesius fieng man an, die Möglichkeit der Erzählung, daß Archimedes die Flotte des Marcellus bey der Belagerung von Syrakus durch Brennspiegel in Brand gesteckt haben soll, zu untersuchen. Schon Porta [g]) meint, daß sich Archimedes zweyer parabolischer Brennspiegel dazu bedient habe, um die Strahlen, welche sich in dem Brenn-

f) *Birch's* history. Vol. III. p. 54.
g) Magia naturalis. Lib. XVII. cap. 14. 15.

Brennpunkte des einen vereinigt hatten, mit dem andern aufzufangen, und sie parallel und verdichtet auf eine sehr große Entfernung fortzusenden. Allein Dechales[h]) zeigt, daß es ganz unmöglich sey, andere Strahlen unter einander parallel fortzuführen, als diejenigen, welche aus einem einzigen Punkte der Sonne herkommen, und diese möchten wohl für eine solche Wirkung viel zu schwach seyn. Ueberdem fand man auch sehr bald, daß die Brennweite sphärischer Hohlspiegel viel zu klein hierzu ist; daher erklärte man die Erzählung durchgehends für erdichtet, so wie sie auch Cartesius für eine Fabel hält. Demungeachtet meinten Kircher[i]) und sein Schüler Schott, daß diese Sache allerdings werth sey, etwas genauer untersucht zu werden, besonders da Zonaras einer ähnlichen Geschichte vom J. 514 nach Chr. Geb. erwähnt, wo die Flotte des Vitalinus vor Constantinopel vom Proklus durch Brennspiegel angezündet worden seyn soll. Kircher glaubte anfänglich mit Porta, daß man eine solche Wirkung durch parabolische Spiegel hervorbringen könne; allein er war nicht glücklich, und verfiel zuletzt auf die Zusammensetzung ebener Spiegel. Er stellte nämlich fünf ebene Spiegel von gleicher Größe in eine solche Lage auf ein Gerüste, daß sie die Strahlen auf eine einzige Stelle warfen, welche über 100 Fuß entfernt war, und er brachte durch diese wenigen Spiegel eine solche Hitze hervor, daß er gar nicht zweifelte, mit mehreren solcher Spiegel brennbare Materien in einer noch größern Entfernung anzünden zu können. Nachdem er

h) Mundus mathematicus. T. III. Lugd. 1690. fol. p. 626 propos. XXIV.

i) Ars magna lucis et umbrae. Amstelod. 1671. fol. p. 771.

er nun eine Reise in Schotts Gesellschaft nach Syrakus that, und den Ort der Begebenheit selbst in Augenschein nahm, so war er mit Schott der Meynung, daß die Flotte des Marcellus nicht über 30 Schritte vom Archimedes entfernt gewesen seyn könne, und daß es daher gar wohl möglich gewesen sey, sie durch Planspiegel anzuzünden. Es scheint auch wirklich eine Stelle des Tzetzes anzuzeigen, daß Archimedes mehrere kleine viereckte Spiegel mit Charnieren zu dieser Ausführung gebraucht habe. Auch bemerkt schon Vitellio k), daß man mit 24 Planspiegeln zünden könne, wie Anthemius behaupte, dessen Fragment Dupuy l) herausgegeben hat. In den neuern Zeiten hat auch der Graf von Buffon Versuche angestellt, mit Planspiegeln in der Ferne zu zünden, wovon am gehörigen Orte weiter geredet werden soll.

Auch muß ich hier einer sehr sinnreichen Anwendung des Fernrohrs von Scheinern erwähnen, weil man dadurch die ausserordentliche Bequemlichkeit hatte, ohne Schaden der Augen die damals entdeckten Sonnenflecken in einem verfinsterten Zimmer zu beobachten. Er beschreibt sie in seiner Rosa Vrsina, und sie besteht im folgenden: es wird ein Fernrohr, (damals ein galiläisches) etwas weiter auseinander gezogen, als man es braucht um dadurch zu sehen; dieses wird gegen die Sonne gerichtet, und das Sonnenbild, welches auf solche Art entsteht, mit einer Ebene in einem dunkeln Zimmer aufgefangen; es sey nun, daß man ein Zim-

k) Optic. L. V. prop. 65.

l) Fragment d'un ouvrage grec d'*Anthemius*, sur les paradoxes de Mecanique etc. 1777. prob. II.

Zimmer zu dieser Absicht verfinstert, oder daß man nur das Fernrohr in ein dunkeles Behältniß steckt, welches statt des Bodens, in Oel getränktes Papier, oder ein matt geschliffenes Glas hat, darauf sich die Sonne abbildet. Dieser Vorrichtung hat man den Nahmen eines Helioskops gegeben.

Kircher gab in seinem oft angeführten optischen Werke verschiedene optische Werkzeuge zu Belustigungen an, unter welchen besonders die von ihm erfundene Zauberlaterne (laterna magica s. thaumaturga) angeführt zu werden verdient, besonders da sie zu dem sogenannten Sonnenmikroskop Gelegenheit gegeben hat. In der ersten Ausgabe seines Werks vom Jahre 1646 giebt er von diesem belustigenden Werkzeuge noch keine Abbildung, sondern sagt nur so viel, daß man auf einen Hohlspiegel ein Gemälde bringen, und dessen Abbildung, vermittelst eines davon gestellten Lichtes und Glases, auf eine Wand in einem dunkeln Zimmer werfen könne, wovon er sich viel zur Bekehrung der Gottlosen verspricht, wenn man ihnen zu rechter Zeit den Teufel vorstellte. In der zweyten Ausgabe aber vom Jahre 1671. fol. p. 768. und p. 769. findet man die Beschreibung der eigentlichen Zauberlaterne mit den dazu gehörigen Zeichnungen. Sie besteht aus zwey Linsengläsern (fig. 8.) cd und ef, welche in eine verschlossene Laterne nebst dem Lichte a gesetzt werden. Zwischen diesen beyden Linsengläsern wird das auf Glas gemalte Bild gh gebracht; das Glas cd dient, ein starkes Licht auf das Gemälde gh zu werfen; das andere Glas ef verursacht durch die Brechung des Lichts ein Bild ik, welches eine verkehrte Lage des Gemäldes hat; befindet sich also daselbst eine weisse Wand, so sieht man das Bild des

Ge-

Gemäldes deutlich mit allen Farben. Die Glaslinse ef pflegt in eine Röhre gesteckt zu werden, um das Bild auf der Wand in jeder beliebigen Entfernung entwerfen zu können. Bisweilen wird auch ein Hohlspiegel mn hinter das Licht gestellt, damit noch mehr Licht auf das Gemälde gh fallen, und das Bild desselben auf der Wand desto lebhafter werden möge. Aus Kirchers saubern Abzeichnungen dieser Zauberlaterne ersieht man, daß er schon die noch jetzt gewöhnlichen Schieber mit Glasgemälden gebraucht hat.

Da die erste noch unvollkommene Entdeckung der Fernröhre so viel unerwartete Erfindungen veranlaßte, so ist es wohl sehr natürlich zu denken, daß man sich ausserordentlich bemühete, sie zu einem höhern Grade der Vollkommenheit zu bringen. Im Anfange dieses Zeitraumes war man aber doch hierin eben nicht sehr glücklich, und selbst Cartesius, ohnerachtet er sich um die Fernröhre viel Mühe gab, scheint kein anderes als das Galileische gekannt zu haben, so daß es in der That zu verwundern ist, wie er Keplers Vorschlag und Scheiners Ausführung übersehen konnte. (Th. I. S. 195.).

Cartesius fand, daß Glaslinsen mit Kugelflächen die mit der Axe parallel auffallenden Strahlen nicht genau in einen Punkt vereinigen; daher that er den Vorschlag, statt der Linsengläser mit sphärischen Flächen lieber solche zu wählen, welche dergleichen auffallende Strahlen genau in einen Punkt zusammenbrächten; er bewies geometrisch, daß hiezu besonders die Ellipse und Hyperbel geschickt sey. Er zeigt, daß, wenn man das Verhältniß der großen Axe einer Ellipse zu der Entfernung der Brennpunkte dem Verhält-

nisse der Brechung aus Luft in Glas gleich nimmt, alsdenn die auf das gläserne elliptische Sphäroid mit der Axe desselben parallel auffallenden Strahlen nach dem entferntern Brennpunkte hin gebrochen werden. Eine ähnliche Eigenschaft beweißt er an der Hyperbel. Es gelang einigen Künstlern, Gläser in der von Cartesius vorgeschlagenen Form zu schleifen, allein der Gebrauch mag wohl der Erwartung nicht entsprochen haben. Gesetzt aber auch, die Gläser hätten die genaueste elliptische oder hyperbolische Form gehabt, so würden sie doch der Schwierigkeit, die Cartesius noch nicht kannte (die verschiedene Brechbarkeit der Strahlen, welche eine weit größere Zerstreuung derselben als die Gestalt des Glases verursacht), nicht abgeholfen haben. Ueberdem bemerkte auch schon Cartesius selbst, daß diejenigen Strahlen, welche von Punkten ausser der Axe herkommen, auf Punkte der gedachten Linsengläser auffallen, die verschiedene Krümmungskreise haben; daß folglich in dieser Rücksicht die kugelförmigen Linsen den kegelförmigen vorzuziehen sind [m]). Ja die kegelförmigen Linsengläser würden wegen ihrer beträchtlichen Dicke das durchgehende Licht weit mehr schwächen als die kugelförmigen.

Cartesius Vorschlag, so großen Beyfall er auch anfänglich fand, hatte also in der Ausführung große Schwierigkeiten, und daher blieb man doch lieber bey den Glaslinsen mit sphärischen Flächen stehen. Nach Cartesius fieng man nun an, besonders sein Augenmerk auf beträchtliche Vergrößerungen zu richten, indem man sich schmeichelte, dadurch die wichtigsten Beobachtungen anstellen zu können. Anfänglich glaubte man nun freylich, daß sich hiebey nicht so große Schwierig-

m) Dioptrica. cap. VIII.

rigkeiten finden würden, als man nachher in der Ausübung wirklich gefunden hat. Man wußte schon, daß man die Gesetze, welche für die Brechung des Lichts in den Linsengläsern statt finden, wegen der Abweichung der Strahlen durch der Kugelgestalt nicht ohne Unterschied gebrauchen könne; eine noch weit größere Schwierigkeit aber verursachte die von Newton entdeckte Abweichung des Lichts wegen der Farben, worauf besonders Huygens bey Anordnung der dioptrischen Fernröhre Rücksicht nahm. Im Jahre 1665. überreichte der Franzose Auzout der königlichen Gesellschaft zu London einen Aufsatz, worin er erwies, daß sich die Durchmesser der Oefnungen, welche die Objektivgläser der dioptrischen Fernröhre der Deutlichkeit wegen vertragen können, wie die Quadratwurzeln der Brennweiten verhalten, worüber er eine Tabelle der Oefnungen für Brennweiten von 4 Zoll bis 400 Fuß berechnete [n]).

Bey dieser Gelegenheit bemerkte D. Hooke sehr richtig, daß selbst einerley Glas verschiedene Oefnungsdurchmesser erfordere, je nachdem der betrachtete Gegenstand mehr oder weniger Licht aussende. So erfordere z. B. die Sonne, die Venus und Jupiter eine geringere, Saturn und Mars eine größere Oefnung. Huygens bewies ferner, daß das nämliche Verhältniß, welches Auzout für das astronomische Fernrohr gefunden hatte, auch die Brennweiten der Okulargläser besitzen müssen, wenn die Helligkeit und Deutlichkeit in verschiedenen Fernröhren einerley seyn sollen [o]). Hieraus ließe sich nun sehr leicht der Satz herleiten, daß die Länge der Fernröhre in dem Verhältnisse der Qua-

n) Philosophic. transact. n. 4. p. 55.

o) Dioptrica. propos. 56.

Quadratzahlen ihrer Vergrößerungen zunehmen müsse. Ein Fernrohr z. B. welches zweymal mehr vergrößern soll, muß 4 mal länger seyn; eins das dreymal mehr vergrößern soll, muß neunmal länger seyn u. s. f. Dies ist also die Ursache, warum die gewöhnlichen dioptrischen Fernröhre, die man nach der Mitte des siebenzehnten Jahrhunderts verfertigte, von so beträchtlicher Länge seyn mußten, wenn ihre Wirkungen ansehnlich vergrößern sollten. Hiezu waren nun nothwendig Objektivgläser von sehr großen Brennweiten erforderlich, und verschiedene Künstler wetteiferten mit einander, dergleichen in größtmöglichster Vollkommenheit zu verfertigen.

Die ersten, welche sich besonders durch Schleifung der Gläser berühmt machten, waren zwey Italiäner, Eustachio de Divinis zu Rom, und Campani zu Bologna, wiewohl letzterer gegen den erstern etwas Vorzüglicheres leistete. Auf Befehl Ludwigs XIV. hat Campani Gläser von 86, 100 und 136 Paris. Fuß Brennweite verfertigt, womit Dominic. Cassini die zwey nächsten Saturnusmonde entdeckt hat (Th. I. S. 499.). Campani ließ sich seine Gläser sehr theuer bezahlen. Er hielt seine Kunstgriffe geheim, und niemand durfte in seine Werkstatt. Nach seinem Tode brachte der Pabst Benedict XIV. seine Werkzeuge käuflich an sich, und schenkte sie dem Institute zu Bologna. Fougeroux giebt einige Nachrichten davon, woraus zu erhellen scheint, daß die vorzügliche Güte seiner Gläser besonders auf Reinigkeit des Glases, auf seinem venetianischen Toipel, auf das Papier, womit er seine Gläser polirte, und auf einer eigenen Fertigkeit im Schleifen beruhe. Gläser von großen Brennweiten hat er nur wenige ver-

fer-

fertigt. Als er einmal ein Glas von 141 Fuß Brennweite unglücklicher Weise zerbrach, bemühete er sich ungemein, die beyden Stücke wieder zusammenzusetzen, und bewerkstelligte es auch endlich so, daß er es wie ein unversehrtes gebrauchen konnte. Ohne Zweifel würde er sich diese Mühe nicht gegeben haben, wenn es ihm so leicht gewesen wäre, ein anderes von gleicher Güte zu verfertigen [p]).

D. Hooke scheint von den Campanischen und Divinischen Gläsern nicht viel gehalten zu haben; denn als man einige derselben von 36 und 56 Fuß Brennweite zur Entdeckung der wahren Gestalt des Saturnus gebraucht habe, habe sich aus der gemachten Beobachtung ergeben, daß die Instrumente dieser Künstler nur mittelmäßig, und nicht besser als englische von 12 oder 15 Fuß seyn möchten [q]). — Einem Engländer ist ein solches Urtheil wohl zu verzeihen, weil er gewöhnlich ausländische Waaren gegen die seinigen herabsetzet.

In England verfertigte Sir Paul Neille nach D. Hooke ziemlich gute Fernröhre von 36 Fuß, auch eines von 50 Fuß, jedoch Verhältnißmäßig nicht so gut. Nachher machten sich besonders in Verfertigung guter Fernröhre von 50 und 60 Fuß länge die Künstler Reive und Cox berühmt.

In Frankreich that sich besonders Peter Borel in Verfertigung guter Fernröhre hervor. Auzout brachte sogar ein Objektiv von 600 Fuß Brennweite zu Stande, konnte es aber weiter nicht benutzen.

So

p) Histoire de l'Acad. de Paris 1764. p. 282.

q) *Hooke's* experiments. p. 26.

So ungeheure Mühe man sich aber auch gab, die Fernröhre auf einen hohen Grad der Vollkommenheit zu bringen, so war doch ihre Regierung wegen der ausserordentlichen Länge ungemein beschwerlich, und man fand es zugleich unmöglich, die Abweichung gänzlich zu vermeiden. Um diesen Mängeln so viel als möglich abzuhelfen, fieng man schon in diesem Zeitraume an, an reflektirende Teleskope oder Spiegelteleskope zu denken, obgleich anfänglich ihrer Ausführung sich einige Schwierigkeiten entgegenstellten.

Herr Klügel[r]) bemerkt, daß Abat in seinen amusem. philosoph. p. 381. eine Stelle aus des P. Zuchi, eines Italiänischen Jesuiten, optica philosophia. Lyon 1652. P. I. cap. 14. p. 126. anführe: daß er im Jahre 1616 beym Nachdenken über die neu erfundenen Fernröhre auf den Gedanken gekommen sey, statt der gläsernen Objektive metallene Hohlspiegel zu nehmen; auch habe er wirklich den Versuch gemacht, und mit einem gut gearbeiteten Hohlspiegel ein Hohlglas als Okular verbunden, womit er Gegenstände auf der Erde und am Himmel betrachtet habe, und seine Theorie sey durch den Erfolg bestätigt. Dieser Gedanke gehört in die Zeiten, wo das holländische Fernrohr noch allein bekannt war. Herr Klügel hat aber nicht gefunden, daß man an solche Teleskope weiter gedacht hätte.

Der P. Mersenne schlägt vor, zur Vergrößerung entlegener Gegenstände sich ein Paar parabolischer Spiegel zu bedienen[s]). Er giebt eine Abbildung

r) Priestley's Geschichte der Optik. S. 566.

s) Phaenomena hydraulico-pneumatica. Paris 1644. 4. prop. XIX. lemma p. 96.

dung an, wo nicht weit vom Brennpunkte eines großen parabolischen Spiegels ein anderer kleinerer steht, welcher Parallelstrahlen, die von der erstern Spiegelfläche convergirend reflektirt worden, wieder parallel zurückwirft, und auf solche Art durch ein in dem großen Spiegel befindliches Loch ins Auge bringt. So sagt er ausdrücklich: sed foramen non debet excedere pupillam oculi, vel superficiem (speculi minoris), ne lumen aliquod peregrinum objectorum luminibus officiat, et irrumpens distinctam visionem perturbat; illud igitur tubo intus nigro specutum utrumque concludente, et aliis quibusvis modis excludendum; quibus peractis, si concava majoris parabolae superficies sit 8. digitorum, minoris vero semidigiti s. linearum 6, objecta ducentias quinquies sexies majora, vel distinctiora s. clariora videbuntur. Des P. Mersenne Vorschlag gieng also dahin, zu dem Instrumente keine Gläser, sondern blos Spiegel zu gebrauchen.

Der P. Mersenne scheint auf diesen Gedanken um das Jahr 1639 gekommen zu seyn. Dies scheint nämlich aus zwey Briefen des Cartesius zu erhellen, welche dieser an den P. Mersenne geschrieben hatte [t]). Es fehlt diesen Briefen zwar das Datum, allein der Zusammenhang mit den übrigen giebt zu erkennen, daß sie in die Mitte des Jahrs 1639 gesetzt werden müssen. In dem ersten dieser Briefe führt Cartesius an, daß die von Mersenne vorgeschlagenen Spiegel weniger leisten würden, als die gewöhnlichen Fernröhre mit Glaslinsen, 1. weil man das Auge nicht nahe genug an den kleinsten Spiegel bringen, 2. weil man sie nicht wie die Gläser in Röhren fassen und daher das Licht von den Seiten abhalten kön-

t) Epistolarum pars III. epist. 29. 32.

könne, 3) weil sie eben die Länge wie gewöhnliche Fernröhre besitzen müßten, wenn sie eine gleiche Wirkung mit diesen thun sollten, daher ihre Verfertigung eben so vielen Schwierigkeiten ausgesetzt wäre, 4. weil durch die Zurückwerfung viel Licht verlohren gehe. Diese Einwürfe mögen wohl den P. Mersenne abgehalten haben, den Gedanken in Ausführung zu bringen, ob sie gleich, den vierten ausgenommen, von keiner Erheblichkeit waren.

Im Jahre 1663 that Jakob Gregory [u]) einen Vorschlag zu einem reflektirenden Teleskope. Es ist nicht wahrscheinlich, daß er auf diesen Gedanken aus den Schriften des P. Mersenne gekommen sey; sein Vorschlag gieng auch nicht dahin, blos Spiegel, sondern vielmehr eine Verbindung von Spiegeln und Gläsern zu gebrauchen, und die Briefe des Cartesius, die erst im Jahre 1666 in Holland gedruckt wurden, konnten ihm damals noch gar nicht bekannt seyn. Es hat daher wohl seine Richtigkeit, daß er durch eigenes Nachdenken auf diese Erfindung kam.

Gregory bemerkte, daß das Bild durch sphärische Linsengläser einer auf der Axe derselben senkrecht stehenden ebenen Figur nicht wieder eben, sondern gekrümmt, und zwar gegen das Glas hohl seyn werde, und daß man den Flächen des Glases, wenn das Bild eben seyn soll, nach der Figur eines Kegelschnittes schleifen müsse. Allein er wußte aus den mißlungenen Versuchen älterer Künstler, daß dies mit vielen Schwierigkeiten verbunden war; daher glaubte er, es möch-

u) Optica promota cum append. subtilium problem. astronomic. Lond. 1663. 4. p. 94.

möchte vielleicht leichter seyn, einen metallenen Spiegel nach der Gestalt eines Kegelschnitts zu schleifen, und dadurch ein Bild mittelst zurückgeworfenen Lichts zu erhalten. Nach seinem Vorschlage sollten zwey metallene Spiegel gebraucht werden. Der große Spiegel sollte ein hohler parabolischer seyn, welcher die Parallelstrahlen, die von jedem Punkte des Gegenstandes herkämen, nach der Reflexion zusammenbringen sollte. In der Axe des großen Hohlspiegels sollte der Mittelpunkt eines kleinen elliptischen Hohlspiegels stehen, welcher diese zusammengebrachte Strahlen zurücksenden, und ein Bild des Gegenstandes nicht weit vor dem großen Hohlspiegel entwerfen würde. Dieser letztere Spiegel sollte in der Mitte durchbohrt seyn, um daselbst ein schickliches Okular anzubringen, wodurch man das Bild, wie in einem gewöhnlichen dioptrischen Fernrohre, betrachten könnte.

Die Bemerkung, daß die Bilder ebener Gegenstände durch sphärische Glaslinsen krumm erscheinen, würde nun wohl wenig zu bedeuten haben, weil selbst die schärfste Rechnung bey den gewöhnlichen Glaslinsen keine Krümmung des Bildes eines Gegenstandes entdeckt; allein die Verfertigung der parabolischen Spiegel war mit eben so vielen Schwierigkeiten verbunden, wie das Schleifen der Gläser mit kegelförmigen Flächen. Da nun Gregory selbst kein Künstler war, so konnte er diesen seinen Vorschlag nicht ausführen. Er erhielt zwar einen metallenen Objektivspiegel nebst einem kleinern von Reives und Cox geschliffen, allein sie waren nicht gut polirt und nur sphärisch. Er machte hiemit einige Versuche, ohne sie einmal in eine Röhre zu fassen, und gab endlich die

ganze Sache aus Unwillen, daß er keinen parabolischen Spiegel bekommen konnte, auf.

Das erste gute Spiegelteleskop, welches nach Gregory's Vorschlage mit einigen kleinen Abänderungen eingerichtet war, brachte D. Hooke zu Stande, und zeigte es der königlichen Gesellschaft zu London im Jahre 1674. Bey dieser Gelegenheit wurde zugleich errinnert, daß Mersenne eine solche Einrichtung zuerst vorgeschlagen, Gregory aufs neue empfohlen, und, so viel man wisse, D. Hooke zuerst ausgeführt habe.

Da die Mikroskope mit den dioptrischen Fernröhren so viele Aehnlichkeit besitzen, so läßt sich leicht denken, daß es bey denselben ebenfalls Grenzen giebt, über welche man die Vergrößerung nicht treiben darf, wenn nicht die Abweichungen allzugroße Undeutlichkeit verursachen sollen. Die Wirkung dieser Abweichungen nahm man sehr frühzeitig war. Schon um die Mitte des siebenzehnten Jahrhunderts suchte sie Eustachio de Divinis durch Verdoppelung der Gläser zu vermeiden. Er nahm nämlich sowohl statt des Objektivs als auch statt des Okulars zwey zusammengesetzte Linsen, deren Wirkung eben so wie eine einzige war. Die Röhre, worin sie gefaßt waren, war so Dick wie das Bein eines Mannes, und die Okulargläser waren so breit wie eine flache Hand [v]). Der Sekretair der königlichen Gesellschaft, Oldenburg, erhielt von Rom eine Beschreibung dieses Werkzeuges, die er den 6ten August 1668 vorlas. Auch Honoratus Fabri [w]) beschreibt das doppelte Augenglas, und rühmt die

v) *Birch's* history. Vol. IV. p. 313.

w) Synopsis optica. Lugd. 1667. 4. p. 131.

die Vortheile, daß es den farbigen Rand wegnehme, daß es das Verhältniß der Theile des Gegenstandes nicht verändere, und daß es sowohl das Objekt als das Gesichtsfeld vergrößere.

Auch fieng man in diesem Zeitraume an, Mikrometer an Fernröhre anzubringen, um vermittelst derselben die Durchmesser kleiner Körper, und überhaupt alle geringe Entfernungen genauer, als mit mathematischen Instrumenten geschehen kann, zu messen. Vor Erfindung derselben pflegte man das Gesichtsfeld eines jeden Fernrohres mit dem darin sichtbaren Stücke des Mondes zu vergleichen, dessen Durchmesser man auf 15 bis 16 Minuten rechnete, bestimmte hieraus die scheinbare Größe desselben, und daraus ferner die übrigen Entfernungen nach dem Augenmaasse.

Der erste, welcher darauf verfiel, das Bild im Brennpunkte des Objektivglases eines astronomischen Fernrohres durch die Bewegung zweyer metallenen Platten mit sehr scharfen Ecken zu messen, war Gascoigne um das Jahr 1640, wovon Townley Nachricht ertheilt x).

D. Hooke verfertigte von diesem Mikrometer eine Zeichnung mit einer Beschreibung, und schlug statt der scharfen Ecken der metallenen Platten zwey feine parallel gespannte Haare vor. In Hooke's nachgelassenen Werken findet man noch zwey andere Methoden. Gascoigne stellte mit seinem Mikrometer verschiedene merkwürdige Beobachtungen an, welche

x) Philosoph. Transact. no. 25. p. 457.

che man in den Philosoph. transact. Vol. 48. p. 190. findet.

Huygens y) bediente sich, um die Durchmesser der Planeten oder sonst kleine Winkel zu messen, folgenden Verfahrens: er nahm einige lange und dünne Messingplatten von verschiedenen Breiten mit allmählig zusammenlaufenden Seiten und schob eine davon durch zwey Einschnitte im Fernrohre dem Orte des Bildes gerade zur Seite, und beobachtete, an welcher Stelle sie den Planeten oder die Entfernung, die er messen wollte, genau bedeckte. Um aber das Gesichtsfeld scharf und deutlich zu begrenzen, stellte er zuvor in die Stelle des Bildes eine messingene Platte mit einer runden Oefnung, und bestimmte den Durchmesser derselben durch die Zeit des Durchganges eines Sterns.

Der Marchese Malvasia gebrauchte, wie aus seinen zu Modena 1662 gedruckten Ephemeriden erhellet, ein Gitter von Silberdraht, welches im Brennpunkte des Objektiv- und Okularglases angebracht war, um kleine Entfernungen der Fixsterne und die Durchmesser der Planeten zu messen. Er ließ einen dem Aequator nahen Stern längst einem der Fäden des Netzes bewegen, zählte nach einer Sekundenuhr die Zeit, welche auf dem Wege desselben von einem Faden zum andern verfloß, daraus er die Entfernung der Fäden in Minuten und Sekunden eines Grades ausgedrückt erhielt.

Im Jahre 1666 gaben Auzout und Picard in einem Briefe an Oldenburg, den de la Hire in den

y) Systema saturnium. Hagae Comae 1659. 4. p. 82. 83.

den ouvrages posthumes de Mrs. de l'Academie 1693. wieder abdrucken ließ, ein Mikrometer aus zwey seidenen Fäden an, wovon der eine unbeweglich, der andere aber in einem Rahmen gespannt war, den man mittelst einer Schraube vor- und rückwärts bewegen konnte [z]). Auch Dechales empfiehlt zum Mikrometer ein Gitter von feinem Silberdrath oder seidenen Fäden, deren Entfernungen von einander genau bekannt sind, besonders zur Aufnahme einer Mondkarte [a]).

Unter Hevels nachgelassenen Instrumenten fand der Patrizier Hecker in Danzig [b]) ein Mikrometer, welches aus parallelen Fäden bestand, deren Weiten sich vermittelst Schrauben ändern ließen, so daß man das zu messende Bild zwischen sie fassen konnte. Auch Römers Mikrometer, welches Horrebow [c]) beschreibt, und der Erfinder in einem Aufsatze um das Jahr 1676 angeführt hat, besteht aus parallelen Fäden. Römer meldet hiebey, daß er dieses Mikrometer zugleich mit Picard auf der königlichen Sternwarte zu Paris gebraucht habe. Daher glaubt auch Horrebow, daß de la Hire, welcher blos Auzout und Picard als Erfinder desselben anführt, Römers Nahmen mit Vorsatz verschwiegen habe. Das Mikrometer mit parallelen Fäden ist nachher in der practischen Astronomie sehr gebraucht worden.

Ge-

z) Memoir. de l'Acad. royale des scienc. de Paris 1717. p. 72. sq.

a) Mundus mathemat. T. III. dioptr. Lib. II. prop. 59.

b) Acta eruditor. Lipſ. 1708. Mart.

c) Basis astronomiae s. astronomiae pars mechanica. Hafniae 1735. 4. cap. 13.

Gegen die Mitte des siebenzehnten Jahrhunderts bemühete man sich auch, große sphärische Brennspiegel zu Stande zu bringen. Der erste dieser Art, welcher eine Breite von 20 Zollen hatte, ward von dem Prof. der Mathematik zu Bologna Johann Anton Maginus verfertigt. Seine Spiegel besaßen zum Theil eine Brennweite von beynahe drey bononische Fuß [d]). Hierauf bearbeitete Manfredus Septala, Canonicus zu Mayland, einen Brennspiegel, welcher eine Breite von $3\frac{1}{2}$ Fuß und nach Kircher eine Brennweite von 15 Schritten hatte [e]). Um eben diese Zeit gelang es auch einem Künstler zu Lyon, Villotte, einen Brennspiegel von vorzüglicher Güte zu Stande zu bringen. Die Breite desselben betrug 30 Zolle, und die Brennweite 3 Fuß, so daß der Brennraum nicht größer, als ein damaliger halber Louisd'or war. Mit diesem Spiegel war er im Stande, in wenigen Minuten die strengflüssigsten Metalle zu schmelzen, und selbst Steine und Erden, welche sonst im gewöhnlichen Feuer keine Veränderung erleiden, als Schmelztiegel, in eben so kurzer Zeit zu verglasen. Diesen Spiegel kaufte der König von Frankreich Ludewig XIV. Einen andern von diesem Künstler verfertigten Brennspiegel, 44 Zoll im Durchmesser, erhielt der Landgraf von Hessen-Cassel, und einen bekam der König von Persien durch Tavernier [f]).

Beugung des Lichts.

Um die Mitte des siebenzehnten Jahrhunderts wurde von Grimaldi eine neue Eigenschaft des Lichts zu-

d) *Schotti* magia universalis etc. Herbip. 1657. 4. p. 315.
e) *Kircher* ars magna lucis et umbrae. Amst. 1671. fol. p. 763.
f) *Liebknecht* diss. de speculis causticis. aus *du Hamel* opp. philos. T. II. lib. 2. c. 11.

zufälliger Weise entdeckt, welche er Diffraction nannte. Man wußte bisher, daß sich das licht nur in geraden linien fortpflanze, es mochte entweder gebrochen oder zurückgeworfen werden, wenn die brechende Materie von durchaus gleicher Dichtigkeit war. Es vermuthete aber niemand, daß ein lichtstrahl von dem geradlinichten Wege abweichen werde, wenn er nahe an dem Rande eines Körpers vorbeygehet. Desto unerwarteter bemerkte Grimaldi, daß ein lichtstrahl, welcher bis auf eine gewisse Entfernung von einem Körper vorbey gieng, entweder von ihm weg oder nach ihm zugelenkt wurde, und eben diese Eigenschaft des lichts nannte er Diffraction, wofür Newton den Nahmen Inflection oder Beugung gesetzt hat.

Grimaldi ward durch folgenden Versuch auf diese Entdeckung geleitet. Er ließ durch ein kleines loch (fig. 9.) ab in ein dunkeles Zimmer Sonnenlicht fallen, welches sich in den lichtkegel boda ausbreitete. Brachte er nun einen dunkeln Körper fe in einer beträchtlichen Entfernung vom loche in diesen lichtkegel, und fieng den Schatten desselben auf einem weissen Papiere auf, so fand er denselben weder innerhalb des Kernschattens gh, noch des Halbschattens il begrenzt, vielmehr erstreckte er sich von m nach n. Diese Erscheinung setzte ihn in Verwunderung, besonders da ihm eine Berechnung ergab, daß der Schatten um ein beträchtliches breiter war, als er hätte seyn können, wenn die lichtstrahlen an den Grenzen des dunkeln Körpers gerade vorbey gegangen wären. Der besonders merkwürdige Umstand hiebey war dieser, daß auf den erleuchteten Theilen des Papiers cm, nd, farbige lichtstreifen zu sehen waren, wovon ein jeder

nach der Schattenseite zu durch blau, nach der entgegengesetzten Seite aber durch roth begrenzt war. Besaß die Oefnung a b eine beträchtliche Größe, so verschwanden die Farbenstreifen. Uebrigens hatten sie nicht alle eine gleiche Breite, indem die von dem Schatten entferntern schmäler waren. Mehr als drey nahm er niemals wahr. Der Deutlichkeit wegen entwarf er eine Abbildung davon, wie sie die fig. 10. vorstellt, wo n m o den breitesten und hellesten Streifen nach dem Schatten x zu darstellet. In dem Raume m zeigte sich keine Farbe, aber der Streifen n n war blau, und der mit o o bezeichnete auf der andern Seite roth. Der andere Streifen p q r war schmäler als der erste, und in dem mittleren Raume p Farbenlos, der Streifen q q aber war blaßblau und der r r blaßroth. Der dritte Streifen t s v endlich war den beyden erstern in Ansehung der Farben völlig ähnlich, nur schmäler als alle beyde, und besaß noch blässere Farben [g]).

Die Farbenstreifen liefen mit der Grenzlinie des Schattens, welchen der dunkele Körper verursachte, parallel. Hatte diese Grenzlinie aber Winkel, so bogen sich die Streifen, statt gleiche Winkel zu machen, in eine krumme Linie, so daß die äussern Streifen runder als die innern waren, wie es die fig. 11. vorstellt. Machte sie einen einwärts gehenden Winkel, wie h c d, so durchkreuzten sich die mit den Schenkeln desselben parallel gehenden farbigen Streifen, ohne sich zu vertilgen; nur wurden dadurch die Farben entweder stärker oder gemischt.

Die-

g) Physico-mathesis de lumine, coloribus et iride, aliisque annexis. Bononiae 1665. 4. p. 2.

Diese Versuche zeigten also unläugbar, daß das Licht der farbigen Streifen von dem dunkeln Körper ab gebogen war; allein Grimaldi hat auch Erscheinungen angeführt, welche beweisen, daß das Licht nach dem dunkeln Körper zu gebogen seyn müsse. Zuweilen nahm er nämlich innerhalb des Schattens dergleichen farbige Lichtstreifen wahr, wie die ausserhalb des Schattens waren, zu einer Zeit mehrere, zu einer andern wenigere. Besonders war diese Erscheinung bemerkbar, wenn der dunkele Körper lang und eine mäßige Breite hatte, und dabey ein sehr starkes Licht einfiel. So fand er hiezu eine lange dünne schmale Platte weit schicklicher, als ein Haar oder eine feine Nadel. Die Streifen zeigten sich deutlicher, wenn er den Schatten so weit als möglich von dem dunkeln Körper auffieng. Die Anzahl derselben war desto größer, je breiter die Platte war; wenigstens zeigten sich zwey, bisweilen aber auch vier, wenn er sich eines dickern Stabes bediente. Bey einerley Platte erschienen mehr oder weniger Streifen, je nachdem die Entfernung, in welcher er den Schatten auffieng, größer oder kleiner war. Je wenigere sich zeigten, eine desto größere Breite besaßen sie. In allen Fällen erschienen sie weit deutlicher, wenn er das Papier schief hielt.

Uebrigens waren die farbigen Streifen innerhalb des Schattens, wie die ausserhalb desselben, im Bogen um und innerhalb der Winkel des Schattens gekrümmt. Zwischen einem einwärts- und auswärts gehenden Winkel (fig. 12.) wie d und c, bemerkte er noch andere kürzere Lichtstreifen, welche fast in Form einer Feder gebogen waren. Diese Winkelstreifen kamen zum Vorschein, wenn er auch nicht die ganze

Platte oder das Stäbchen, sondern nur die Ecke in den Lichtkegel hielt. Ihre Anzahl richtete sich nach der Breite der Platte oder des Stäbchens. Bey sehr dünnen Platten war er vermögend zu bemerken, wie sich die farbigen Streifen von den gegen über liegenden Seiten des Schattens umbogen und mit einander vereinigten. Bey a waren die Lichtstreifen nebst dem Schatten nur abgebrochen. Sonst bemerkt Grimaldi noch, daß die farbigen Streifen ausserhalb des Schattens auf die nämliche Art sich um ihn herumbogen.

Andere nicht so wichtige Beobachtungen, sagt er, habe er nicht mit berührt, weil sie ein jeder, der Versuche mit dem gebrochenen Lichte machen werde, sehr leicht bemerken könne. Ueberdies sey er nicht vermögend, dasjenige, was er zu beschreiben gesucht habe vollkommen deutlich auszudrücken, weil dies mit Worten unmöglich wäre.

Zu mehrerer Bestätigung, daß das Licht nicht beständig in seinem geradlinichten Wege fortgehe, sondern vielmehr beym Vorbeystreichen an einem dunkeln Körper davon abgelenkt werde, stellte er den ersten Versuch verändert auf folgende Art an: er ließ, wie vorher, durch eine kleine Oefnung Sonnenlicht in ein dunkeles Zimmer fallen, und befestigte in einer großen Entfernung von dieser Oefnung eine Platte (fig. 13.) ef mit einem kleinen Loche gh, welches nur einen kleinen Theil vom Sonnenlichte hindurch ließ. Fieng er nun dieses hindurch gegangene Licht in einiger Entfernung von ef mit einem weissen Papiere auf, so fand er die Grundfläche ik weit größer, als sie hätte seyn müs-

müssen, wenn das Licht in gerader Linie durch die Oefnungen sich fortgepflanzt hätte h).

Für diejenigen, welche dergleichen Versuche zu wiederholen eine Neigung haben, giebt er folgende Vorschriften, um sich in den zu erwartenden Erscheinungen nicht zu täuschen: das Sonnenlicht muß sehr stark, und die beyden Oefnungen cd und gh, besonders aber die erstere, sehr klein seyn; auch das weisse Papier, welches das Licht auffängt, muß ziemlich weit von der Oefnung gh entfernt seyn, weil im entgegengesetzten Falle ik nur sehr wenig größer als no seyn würde. Gewöhnlich nahm er die Oefnung cd $\frac{4}{300}$ oder $\frac{5}{300}$ eines alten römischen Fußes, und die gh $\frac{25}{300}$ oder $\frac{30}{300}$ weit. Die Entfernungen dg und gn waren wenigstens 12 Fuß groß. Die Beobachtungen waren Mittags in den Sommermonaten bey sehr heiterm Himmel angestellt i).

Ein noch anderer merkwürdiger Versuch, welchen Grimaldi anstellte, ist dieser: er ließ durch zwey nicht weit von einander befindliche Oefnungen Sonnenlicht in das dunkle Zimmer fallen, und fieng beyde Lichtkegel in einer solchen Entfernung davon auf, daß ihre Grundflächen zum Theil auf einander fielen. Hier bemerkte er einen dunkeln Ring um eine jede der beyden Grundflächen, welche auf dem hellen Theile der andern sehr kenntlich war.

Diese Entdeckung wendete übrigens Grimaldi auf die Entscheidung dieser sehr unwichtigen Frage an, ob das Licht eine wirkliche Substanz oder nur eine Qua-

h) Physico-mathesis de lumine, etc. p. 9.

i) Ibid. p. 10.

Qualität sey. Sein Urtheil fiel endlich zu Gunsten der Aristoteliker, daß das Licht eine qualitas, aber nicht substantialis, sondern accidentalis sey.

Auf die Entdeckung von der Beugung des Lichts macht auch D. Hooke Ansprüche. Seine Versuche und Beobachtungen darüber theilte er im Jahre 1672 der königlichen Gesellschaft zu London mit. Sie sind in den äussern Umständen von den Grimaldischen verschieden, und es ist daher wahrscheinlich, daß D. Hooke von diesen nichts gewußt habe. Zwar besitzen sie eine geringere Vollkommenheit, wie die Grimaldischen, verdienen aber doch wegen der Verschiedenheit von den leztern kürzlich angeführt zu werden.

D. Hooke ließ durch eine sehr kleine Oefnung einer metallenen Platte, welche in dem Fensterladen eines dunkeln Zimmers befestigt war, Sonnenlicht hineinfallen, und fieng es auf einem in einiger Entfernung von der Oefnung gestellten Papiere auf. Das auf diesem Papiere aufgefangene Sonnenbild war im innern Theile weit heller als am Rande, und ringsherum erschien eine Art von Halbschatten etwa den 16ten Theil des Durchmessers des Kreises breit. Dieser Halbschatten, sagte er, rühre von einer bisher noch unbekannten Eigenschaft des Lichts her, welche er zu erklären versprach. Hiernächst ließ er durch eine andere Oefnung etwa 2 Zoll von der erstern ebenfalls Sonnenlicht in das dunkele Zimmer fallen, und fieng es in einer solchen Entfernung von der metallenen Platte auf, daß die kreisrunden Flächen zum Theil auf einander fielen. Hier bemerkte er nicht nur einen dunkeln Halbschatten um den hellern Ring, sondern auch eine schwarze Kreislinie, und zwar selbst da, wo die Ränder der Kreise in einander liefen.

Als

Als er nun den Durchmesser der kreisrunden Fläche mit seiner Entfernung von der Oefnung verglich, so fand er ihn gar nicht so, wie er hätte seyn müssen, wenn er von den Linien nach den Endpunkten des Sonnendurchmessers gezogen begrenzt gewesen wäre. Derselbe veränderte sich, wie die Größe der Oefnungen und die Entfernung des Papiers verändert wurden.

Er nahm ferner ein rundes nicht polirtes Stück Holz (fig. 14.) bb, und hielt es in den Lichtkegel, welcher durch die Oefnung o in das dunkele Zimmer fiel, so daß er damit einen Theil des Lichts auffieng. Hier beobachtete er, daß der Schatten dieses dunkeln Körpers an der Papierwand ap durchgängig etwas, am meisten aber nach dem Rande zu erleuchtet war. Weil nun einige dabey befindliche Beobachter glaubten, dieses innerhalb des Schattens bemerkte Licht könne vielleicht durch eine Art von Zurückwerfung an der Seite des dunkeln Körpers wegen seiner runden Gestalt verursacht werden; einige aber dasselbe einer Zurückstrahlung von der innern Fläche der Oefnung in der messingenen Platte zuschreiben wollten; so ließ er, um beyde Einwürfe zu beseitigen, das Sonnenlicht durch eine in Pappe gebrannte Oefnung fallen, und fieng es mit einem sehr scharfen Scheermesser auf. Allein diese Erscheinung blieb die nämliche. Er schrieb sie daher einer neuen bisher noch unbekannten Eigenschaft des Lichts zu.

Diesen Versuch stellte er verändert so an: er nahm das Scheermesser, hielt es dergestalt, daß er den einfallenden Lichtkegel in zwey Theile schnitt, und gab dem Papiere eine solche Stellung, daß der erleuchtete Theil der Grundfläche darüber wegfiel und der durch das

Mes-

Messer verdunkelte Theil allein davon aufgefangen wurde. Hier beobachtete er mit sehr großer Verwunderung eine überaus lebhafte und sichtbare Erleuchtung, deren Breite dem Durchmesser des halben Kreises gleich war, sich nach einer auf die Schattenlinie senkrechten Richtung längst dem Papiere herunter zog, und wie ein Kometenschweif mehr als die zehnfache, allem Vermuthen nach mehr als die hundertfache Breite des übrigen Kreisstücks zur Länge hatte. Je weiter noch das abgebogene Licht von dem gerade fortgehenden abwich, desto schwächer war die Erleuchtung, welche es verursachte.

Bey noch einem andern Versuche fand er, daß, wenn ein Theil des Körpers, welcher das Licht auffieng, vor dem andern hervorragte, die Erleuchtung in dem Schatten ihm gegen über stärker ward; so wie durch eine Vertiefung in dem Körper ein schwarzer Strich in dem halb erleuchteten Schatten entstand.

Alle diese Beobachtungen und Versuche gaben ihm Gründe zu folgern, daß das Licht eine Eigenschaft besitze, sich von seinem geradlinichten Wege ablenken zu lassen, wenn gleich das Mittel ein und das nämliche bleibt.

Hooke hat diesen Gegenstand nicht weiter verfolgt, sondern blos aus den Versuchen einige Bemerkungen in Absicht des Lichts herausgezogen, welche aber von keiner sonderlichen Erheblichkeit sind, und in folgendem bestehen: 1. Es giebt eine Ablenkung (deflexio) des Lichts, welche nicht allein von der Brechung, sondern auch von der Zurückwerfung verschieden ist, und von der ungleichen Dichtigkeit der Theile, wel-

welche das Licht ausmachen, abzuhangen scheint, wodurch das Licht von der Stelle aus, wo es verdichtet war, zerstreuet und verdünnet, und allmählig bis zu einem rechten Winkel abgelenkt wird; 2. diese Ablenkung geschieht senkrecht nach der Oberfläche des dunkeln Körpers zu; 3. diejenigen Strahlen, welche am meisten abgelenkt werden, geben das schwächste Licht, diejenigen aber, welche von der geraden Bahn am wenigsten abweichen, das stärkste; 4. Solche Strahlen, welche sich in einer gemeinschaftlichen Oefnung durchkreuzen, enthalten nicht gleiche Vertikalwinkel; 5. Farben können ohne Brechung der Strahlen entstehen; 6. der Durchmesser der Sonne läßt sich mit den gewöhnlichen Dioptern nicht richtig messen; 7. diejenigen Strahlen, welche auf einerley Punkt einer Sache fallen, werden bey veränderter Neigung der Sache alle Arten von Farben annehmen; 8. Farben zeigen sich, wenn zwey Erschütterungen des Lichts sich so mit einander vermischen, daß das Auge sie für eine einzige hält [k]).

Ein noch anderer hieher gehöriger Versuch, welchen ausser andern Dechales anstellte, um daraus die Entstehung der Farben abzuleiten, ist folgender: er nahm ein Stück polirtes Metall, auf welchem kleine Ritzen eingerissen waren, und brachte dies ins Sonnenlicht in einem dunkeln Zimmer; hier bemerkte er, daß das Licht in den Ritzen des Metalls zurückgeworfen ward, und auf einem weissen Gegenstande aufgefangen Farben zeigte [l]). Daß diese Farben nicht durch Brechung des Lichts hervorgebracht werden, bewies

k) *Hooke's* posthumous Works by *Derham* p. 190.

l) Mundus mathematicus T. III. Lugd. 1690. fol. dioptr. lib. III. p. 736.

wies er dadurch, weil der nämliche Erfolg statt findet, wenn die Ritzen auf Glas gemacht werden; denn wäre das Licht an der Oberfläche des Glases gebrochen worden, so würde es durchs Glas gegangen seyn m). Aus diesem, und noch vielen andern Versuchen folgert er, daß die Farben nicht allein von der Brechung und von vielen andern Umständen abhangen, welche er einzeln durchgeht, und nach ihren Wirkungen auseinandersetzt, sondern vielmehr von der verschiedenen Stärke des Lichts (ab inaequali s. difformi luminis densitate n).

Licht der leuchtenden Körper.

Das Licht der im Dunkeln leuchtenden Körper ist für den Naturforscher ein äusserst wichtiges Phänomen, welches ungemein für das Körperliche desselben spricht, und überhaupt Gelegenheit an die Hand giebt, seine Natur etwas näher zu beleuchten. Die Erzählung aller hieher gehörigen Ereignisse wird auch zeigen, daß man vorzüglich zur Feststellung gewisser Hypothesen über die Natur und Beschaffenheit des Lichts benutzt hat. Allein ich finde nöthig, gleich im voraus zu erinnern, daß man doch in dieser Sache bis jetzt noch nicht zur völligen Gewißheit gekommen ist. Je mehr Erfahrungen man hierüber anstellt, desto größer wird die Verschiedenheit der Umstände, unter welchen sich Licht gewisser Körper zeigt; so daß oft eine Hypothese, welche auf festem Grunde zu stehen schien, wieder schwankend gemacht wird.

Bey manchen Körpern wird ein starker Grad von Hitze erfordert, wenn sie leuchten sollen, bey manchen

m) Mundus mathematicus. p. 738.
n) Ibid. p. 739.

chen nur ein sehr geringer Grad, und bey manchen scheint gar keine Wärme nöthig zu seyn. Ja es giebt ungemein viele Körper, welche, wenn sie eine Zeitlang im Lichte gelegen haben, alsdann im Dunkeln leuchten. Bey sehr vielen Körpern ist eine Bedingung des Leuchtens die faulende Gährung. Ich werde mit Erzählung aller dieser Erscheinungen, welche ungemein unterhaltend ist, von den sogenannten Lichtsaugern oder Phosphoren den Anfang machen.

Den sogenannten Bononischen Phosphor oder Leuchtstein entdeckte ein gewisser Schuhmacher zu Bononien, Nahmens Vincenzo Cascariolo, um das Jahr 1630 zufälliger Weise. Dieser hatte nämlich einen Stein, den man an dem Fuße des Berges Paterno in der Nachbarschaft von Bononien findet, einer Calcination unterworfen, um ein gewisses chemisches Geheimniß herauszubringen. Hiebey fand er nun, daß dieser Stein im Dunkeln durch seinen eigenen Glanz sichtbar ward, wenn er vorher eine Zeitlang im Lichte gelegen hatte. Diese unerwartete noch unbekannte Erscheinung mußte nothwendig die Naturforscher, so bald sie nur bekannt wurde, zu genauerer Untersuchung reizen. Verschiedene schrieben darüber, unter andern Fortunio Liceti [o]) und Athanasius Kircher [p]). Letzterer giebt von diesem Mineral eine umständliche Beschreibung, und von der damals gebräuchlichen Art, es zu calciniren, nach welcher es zu einem feinen Pulver zerstoßen, und mit

o) Litheosphorus s. de lapide Bononiensi in tenebris lucente. Vtini 1640. 4.

p) Ars magna lucis et umbrae. Amstel. 1671. fol. p. 18.

mit Wasser, Eyweis oder Leinöl durchknetet ward. Die Masse brachte man in einen dazu bereiteten Ofen, und wiederholte nöthigen Falls diese Operation mehreremal. Kircher bemerkt auch dabey, daß dieser Stein nicht blos in der Nachbarschaft von Bononien, sondern auch, wie er selbst entdeckt, in einigen Alaunmienen zu Tolpha gefunden werde.

Nach Kirchers Bericht veranlaßte die Erscheinung des Leuchtens dieses Steins, daß einige das Licht für eine körperliche Substanz annahmen, welche der Bononische Stein zuerst einsauge, und nach einiger Zeit, indem er sie so lange zurückgehalten habe, wieder von sich gebe. Indessen erhellet aus Kirchern, daß diese Meynung nicht die einzige war, welche seine Zeitgenossen von dem Lichte hatten; die meisten hielten es immer noch für eine Qualität, und selbst Kircher nimmt an, daß die Luft mit einem feinen Dunste, welcher sich leicht erleuchten lasse, angefüllt sey, und daß der Bononische Stein diesen einsauge.

Nach dieser Zeit hat man mehrere Versuche und Beobachtungen mit dem Bononischen Steine angestellt, welche aber erst in die folgende Periode gehören.

Anfänglich glaubte man, daß dieser Stein die einzige Substanz wäre, welche das Licht einsauge und nach einiger Zeit wieder von sich gebe. Allein man fand, ebenfalls zufälliger Weise, daß noch weit mehrere Körper unter gewissen Umständen diese Eigenschaft besitzen, wovon in der folgenden Periode geredet werden soll. Ja selbst van Helmont führt schon an, daß er einen Kiesel besitze, welcher so zubereitet wäre, daß er im Dunkeln leuchte, wenn er vorher

her eine Zeitlang im Lichte gelegen habe [q]): novi quidem, sagt er, lumen solis in silicem recipere (sola nempe silicis praeparatione), ut extra solis praesentiam, sub densissimis tenebris, lumen illud acquisitum aliquantisper permaneat, iterumque hauritur lumen, nova expositione silicis, ad solem diurnum licet obnubilum. Inzwischen hatte man dieses sein Vorgeben nicht geachtet, vielleicht weil man es nicht glauben wollte, oder was man sonst für eine Ursache hatte.

Des Lichts faulender Körper, sowohl aus dem Thier als Pflanzenreiche, so wie auch der Leuchtkäfer, erwähnt schon Aristoteles. Thomas Bartholinus führt vier Gattungen von leuchtenden Insekten an, zwey mit Flügeln und zwey ohne Flügel [r]). In den neuern Zeiten hat man aber erst besonders den bekanntesten, den sogenannten Johanniswurm, etwas näher untersucht.

Der erste, welcher Nachricht vom Leuchten des faulenden Fleisches giebt, ist der Prof. der Anatomie zu Padua, Fabricius ab Aquapendente. Er erzählt, daß an einigen Stücken Lammfleisch, welches von drey jungen Leuten zu Padua, die sich am Ostertage 1592 eine Mahlzeit vom Lamme bereitet hatten, auf den folgenden Tag zurückgelegt ward, im Dunkeln ein Glanz bemerkt worden sey. Es wurde sogleich ein Theil dieses Fleisches an Fabricius geschickt, welcher bemerkte, daß nicht allein das magere, sondern auch das fette Fleisch einen weißlichten Glanz

q) Opera. Francof. 1707. 4. formarum ortus. §. 96. p. 142.
r) De luce animalium. Hafn. 1669. 8. p. 206.

Glanz besaß, daß ein Stück junges Ziegenfleisch, welches dicht daran gelegen hatte, gleichfalls leuchtend geworden war, und daß die Finger, auch andere Theile des Körpers, derjenigen Personen, welche das Fleisch anrührten, zu leuchten anfiengen. Diejenigen Stellen des Fleisches, welche am weichsten anzufühlen waren, gaben den hellsten Glanz, und schienen gegen eine Lichtflamme gehalten durchsichtig; diejenigen Stellen hingegen, wo das Fleisch dichte und dick war, oder wo ein Knochen nahe an der Aussenfläche lag, waren ohne Glanz [s]).

Die nächste Beobachtung einer solchen Erscheinung machte Thomas Bartholin zu Montpellier im Jahre 1641. Es hatte nämlich eine arme Frau ein Stück Fleisch gekauft, um es den Tag darauf zu kochen. Da sie nun dieses in ihrer Schlafkammer aufgehängt hatte, und sie nicht schlafen konnte, so bemerkte sie daran von ohngefehr einen Glanz, so daß die ganze Stelle, wo es hieng, dadurch erleuchtet ward. Von diesem Fleische wurde ein Stück dem Gouverneur der Stadt, Heinrich Bourbon, Herzog von Condé, überbracht, welcher es einige Stunden lang mit Verwunderung betrachtete. Das Stück Fleisch leuchtete nicht über der ganzen Fläche, sondern nur an einigen Stellen, als wenn eine Anzahl Diamanten von ungleichem Glanze darüber verstreuet gewesen wäre. Nachdem dies Stück Fleisch völlig in Fäulniß übergegangen war, so hörte es zu leuchten auf [t]).

Boy-

s) *Aquapendente* de visione etc. Venet. 1600. fol. p. 45.
t) *Bartholinus* de luce animalium. p. 184.

Boyle[u]) stellte im Jahre 1667 verschiedene merkwürdige Versuche über das Leuchten leuchtender Körper an. Er nahm ein Stück faules Holz, brachte es in den leeren Raum seiner Luftpumpe, und bemerkte, daß es in diesem zu leuchten aufhöre, diese Eigenschaft aber wieder erlange, wenn die Luft von neuem hinzugelassen ward, selbst wenn es lange Zeit im leeren Raume geblieben war. Sein Glanz verschwand jedoch im luftleeren Raume nicht Augenblicklich, sondern erst nach kurzer Zeit. In verdichteter Luft bemerkte er keine Vermehrung des Leuchtens; er meint aber, vielleicht hätte er solche nicht bemerken können, weil er damals ein sehr dickes und trübes Glas gebraucht habe. Ferner bemerkte er, daß es seinen Glanz nicht verlohr, wenn ihm auch der Zutritt der freyen Luft versagt ward; denn es leuchtete auch in hermetisch verschlossenen Glasröhren, auch wenn diese im luftleeren Raume sich befanden. Der nämliche Erfolg hatte statt, wenn er leuchtende Fische in Wasser that, und diese übrigens eben so wie das faule Holz behandelte. Sonst fand er am Glanze des faulen Holzes etwas ähnliches mit dem der leuchtenden Fische, nur daß ersteres denselben im Wasser, Weingeist, und in allerhand Salzsoolen und andern Flüssigkeiten sogleich verlohr. Im Wasser aber hörte doch das Leuchten einiger Stücke leuchtenden Kalbfleisches nicht in dem Augenblicke auf, jedoch sogleich im Weingeiste.

Seine Versuche mit leuchtenden Fischen wollten ihm nicht allemal gelingen, ob er sie gleich ganz auf die

u) Philosoph. Transact. no. 31. p. 581. sqq. Abhandl. zur Naturg. Phys. und Oekon. aus den Philos. Trans. Leipz. 1779. 4. Th. I. S. 228. f.

die nämliche Art behandelte, wie diejenigen, die vorher geleuchtet hatten. Einmal da sie nicht leuchten wollten, bemerkte er, daß das Wetter veränderlich, und einige Tage mit Frost und Schnee vermischt war. Uebrigens gebrauchte Boyle zu seinen Beobachtungen die Weißfische, die er hiezu am schicklichsten fand.

Von ohngefähr beobachtete Boyle v) an einem eßbaren Stücke Kalbfleische ein Leuchten. Sein Bedienter nämlich ward dies am 15. Febr. 1672 zu seinem Erstaunen gewahr, und meldete es sogleich seinem Herrn, welcher sich dieses Fleisch bringen ließ, ob er sich gleich schon schlafen gelegt hatte. Weil er vermuthete, es möchte der damalige Zustand der Atmosphäre einigen Antheil an dieser Erscheinung haben, so führt er bey der Beschreibung derselben an, daß der Wind südwest und unruhig, die Witterung für die damalige Jahreszeit warm, der Mond über das letzte Viertel, und die Höhe des Quecksilbers im Barometer $29\frac{1}{10}$ Zoll war.

Boyle macht eine umständliche Vergleichung zwischen dem Lichte der glühenden Kohlen und des faulenden Holzes oder der Fische, um zu zeigen, worin sie überein kommen, oder von einander abgehen. Unter andern bemerkt er, daß das Zusammenquetschen die Kohle augenblicklich auslösche, dem Holze aber nichts von seinem Glanze benehme. Ferner bemerkte er, daß das Leuchten des Holzes durch eine sehr starke Kälte aufhöre; denn als er es in eine Glasröhre that, und in eine erkältende Mischung hielt, so hörte das Leuchten auf. Ueberdem nahm er wahr, daß das faule Holz durchs Leuchten sich nicht abzehrte, und vermittelst

v) Philosoph. Transact. no. 89.

telst des Thermometers nicht den geringsten Grad von Hitze zeigte.

D. Beal [w]) machte schon im Jahre 1665. an einer Salzbrühe, in welcher frisch gekochte Makrelen einige Zeit gelegen hatten, folgende Beobachtung. Wenn sie umgerührt wurde, fieng sie zu leuchten an, ja selbst die Tropfen, welche hievon wo anders hinfielen, gaben einen starken Glanz von sich. Noch mehr aber leuchteten die Fische selbst, doch nur auf der obern Seite. Am folgenden Tage zeigte sich das Licht beym Umrühren noch stärker, und die Fische leuchteten nun auf beyden Seiten.

Er brachte ein Stück von einem Fische, welcher den Abend zuvor sehr stark geglänzt hat, unters Mikroskop, und untersuchte es durch selbiges im Sonnenlichte; er fand aber nichts merkwürdiges, ausser, daß ein mehr schwärzlicher als weisser Dampf, wie ein feiner Dunst, von dem Fische aufzusteigen schien, und einige sehr kleine beynahe unmerkliche Funken sich hin und wieder daran zeigten. In Ansehung der Funken glaubte er nicht getäuscht zu seyn, den feinen Dampf hingegen hielt er entweder für einen Gesichtsbetrug, oder für Staub, der sich in der Luft aufgehalten habe.

Da der Fisch ganz trocken geworden war, benetzte er ihn mit Speichel, und bemerkte alsdenn einen Glanz, doch nur von kurzer Dauer. Damals war er we-

w) Philosoph. Transact. n. 13. p. 228. Abhandl. aus den Philosoph. Trans. Th. I. S. 242.

weder stinkend, noch für eine feine Zunge unschmackhaft geworden. Ein Paar andere von diesen Fischen bewahrte er zu fernern Versuchen zwey bis drey Tage auf. Wegen der heissen Witterung wurden sie aber stinkend, und hörten gänzlich zu leuchten auf, so wie auch die Salzbrühe, und wenn sie noch so sehr umgerührt wurde.

Daß das Meer zuweilen bey Nacht einen leuchtenden Schein von sich wirft, haben mehrere Seefahrer mit Verwunderung wahrgenommen. Nach Kirchern [x]) soll dies zuerst Americus Vespucci bemerkt haben. Kircher scheint diese Erscheinung von den bituminösen Theilen, welche das Meer enthält, herzuleiten, welche sich entzünden, wenn das Meerwasser in heftiger Bewegung ist. Boyle [y]) erzählt zuerst alle Umstände dieser merkwürdigen Erscheinnng, so wie er sie von den Seefahrern hat erfahren können. Sie bestehen in folgendem: man sieht zuweilen das Seewasser leuchten, so weit das Auge reicht, zuweilen leuchtet es nur, wenn das Wasser an einen Körper anschlägt; in einigen Gewässern ist dieses Phänomen mit gewissen Winden verknüpft, in andern aber nicht. Diese seine Nachricht beschließt er endlich mit der wenig sagenden Erklärung, daß er diese sonderbare Erscheinung an großen Wassermassen nicht wohl anders, als von gewissen allgemeinen Gesetzen unserer Erdkugel oder doch unseres planetarischen Wirbels abzuleiten wisse.

Eine noch hieher gehörige merkwürdige Erscheinung sind die sogenannten Irrlichter oder Irrwi-

sche

x) Mundus subterraneus. Amstel. 1665. fol. T. I. lib. IV. sect. II. prop. VII. p. 210.

y) Philosoph. transact. Vol. LIX. p. 450.

sche (ignes fatui), welche man über sumpfigten Gegenden, Kirchhöfen, Schindangern, Mooren und überhaupt über Oerter, wo Substanzen faulen, zur Nachtzeit nicht hoch über dem Fußboden hie und da herumhüpfen sieht. Es ist wohl nicht zu zweifeln, daß in den damaligen noch ungemein abergläubischen Zeiten der gemeine Mann sie für böse Geister gehalten hat, welche die Reisenden irre führen, da selbst einige Physiker, wie z. B. Cardan[z]), Sennert[a]) und Bodinus[b]) nicht besser davon gesprochen haben, und noch jetzt der gemeine Mann solche Gedanken hegt.

Dechales[c]) führt an, daß es zu seiner Zeit überhaupt nur zwey Meynungen gebe, nach welchen die Irrlichter vernünftiger beurtheilt würden; der einen und gemeinen zu Folge sind sie in einer feinen und fetten oder sumpfigen Materie wirklich entzündete Feuer, nach der andern aber werden sie blos für eine von Farbe sehr weisse Materie gehalten, welche entweder das Sternenlicht zurückwirft, oder einen eigenthümlichen Glanz besitzt, wie faules Holz oder Leuchtwürmer, welcher leztern Meynung Dechales selbst zugethan ist. Unter andern sey auch dies des Robert Fludd Meynung gewesen, und er erzählt dabey, daß dieser ein Irrlicht verfolgt, zu Boden geschlagen und eine schleimige Materie, wie Froschleig, gefunden habe. Andere Meynungen von diesem Meteor, welches noch bis jezt

z) De varietate rerum lib. XIV. cap. 69.
a) Epitome physices. lib. II. cap. 2.
b) Theolog. natural. lib. II.
c) Mundus mathematicus. T. IV. tractatus de meteoris igneis prop. III. p. 692.

jetzt nicht genug untersucht zu seyn scheint, werden in der folgenden Periode angeführt werden.

Eigenschaften des Isländischen Krystalls oder des Doppelspaths.

In diesen Zeitraum fällt auch die Entdeckung der merkwürdigen und besondern Eigenschaft des Isländischen Krystalls, nach welcher Gegenstände durch denselben betrachtet alle doppelt erscheinen. Man findet ihn in Schweden, Island und in der Schweiz. Die ersten Beobachtungen über die Erscheinungen dieses Krystalls sind von dem Prof. der Geometrie und Medicin zu Kopenhagen, Erasmus Bartholin [d]). Er bemerkt, daß der Krystall rhomboidalisch aussieht, und daß die Stücke, in welche er bricht, wahre Parallelepipeda mit rhomboidalischen Seitenflächen sind, deren stumpfe Winkel 101 Grade, die spitzen folglich 79 Grade betragen.

Bartholin nahm mit Verwunderung wahr, daß die Objekte (fig. 15.) a und b, auf welche er die Grundfläche eines Stücks von diesem Krystalle legte, in gg und hh doppelt erschienen. Die Entfernung dieser Bilder von einander war desto größer, je dicker der Krystall war, und bey sehr dünnen Stücken fielen sie fast in einander. Als er beyde Bilder aufmerksam betrachtete, so schien ihm dasjenige, welches von seinem Auge am entferntesten war, höher, als das andere zu liegen.

In einer gewissen Lage des Auges fand er das Bild einfach, so wie man es durch andere durchsichtige Kör-

d) Experimenta crystalli Islandici, quibus mira et insolita refractio detegitur. Hafniae 1669. 4.

Körper sieht, und in andern Lagen bemerkte er nicht weniger als sechs Bilder, welche er aber von der Zurückwerfung an den Seiten des Krystalls ableitet. In dem Falle des einfachen Bildes glaubte er, das eine Bild müsse eine solche Lage haben, daß keine Strahlen von selbigem ins Auge kommen könnten. Beyde Bilder schienen am weitesten von einander entfernt zu seyn, wenn das Objekt auf der Diagonale m n lag, welche durch die spitzen Winkel der Grundfläche geht.

Als er den Krystall über einem Objekte in die Runde drehete, bemerkte er, daß eins von den beyden Bildern ganz unbeweglich blieb, und das andere sich um dieses drehete. Es stand aber in seiner Willkühr, zu machen, daß ein jedes Bild, welches er wollte, sich um das andere herum bewegte, oder daß auch beyde zugleich beweglich wurden. Er nahm war, daß blos bey dem einen Bilde der senkrechte Strahl keine Brechung leidet; denn die ungewöhnliche Brechung richtete sich nach der Neigung des Strahls gegen eine mit den Seiten des Krystalls parallele Linie, so wie die gewöhnliche Brechung nach der auf die Oberfläche senkrechten Linie.

Bey der gewöhnlichen Brechung fand er das Brechungsverhältniß wie 5 zu 3. Den Grund der ungewöhnlichen Brechung suchte er in der Lage der Zwischenräumchen, durch welche das Licht geht.

Huygens [c]) bemühete sich, die Erscheinungen an dem Isländischen Krystalle genauer zu bestimmen. In

c) Traité de la lumière. Leid. 1690. 4. auch latein. in *Hugenii* opp. reliquis. Amstelod. 1728. 4. T. I.

In Ansehung der Figur dieses Krystalls fand er durch genauere Messung, als Bartholin, daß die stumpfen Winkel der Seitenflächen 101 Grade 52 Minut., mithin die spitzen Winkel 78 Grade 8 Minuten betragen. Diese Winkel berechnete er nämlich aus der gemessenen Neigung der Seitenflächen gegen einander, welche 105 Grade ausmacht.

In den gewöhnlichen durchsichtigen Körpern geht der senkrecht auffallende Strahl ungebrochen durch, blos der schief auffallende leidet allemal eine Brechung; beym Isländischen Krystalle hingegen findet das Besondere statt, daß der senkrechte Strahl gebrochen wird, und bisweilen ein schief auffallender ungebrochen hindurch geht. Die Umstände der ungewöhnlichen Brechung des Lichts giebt er also an: es sey (fig. 16.) abfe ein Stück des Krystalls, und es werde der stumpfe Winkel acb an einem der beyden körperlichen Winkel, welche aus drey gleichen ebenen stumpfen Winkeln bestehen, in zwey gleiche Theile durch die gerade Linie ig getheilt, durch welche und durch die Seite cf eine Ebene gelegt werde, die auf der Oberfläche ab nothwendig senkrecht ist. Der Durchschnitt dieser Ebene mit dem Krystall wird ein Parallelogramm gcfh, welches er den Hauptschnitt des Krystalls nennt.

Bedeckte er die Fläche ab, und ließ blos eine kleine Oefnung bey k, einem Punkte auf der Linie cg, und hielt sie gegen die Sonne so, daß ihre Strahlen senkrecht darauf fielen, so theilte sich der Strahl ik bey k in zwey gleiche Theile, wovon der eine in der geraden Linie kl fortgieng, der andere aber ward unter einem Winkel von 60° 40′ nach km gebro-

brochen, und nahm beim Ausgange durch m die mit ik parallele Richtung mz wieder an. Gesetzt also, es befände sich ein Gegenstand in l, so wird nun von ihm nicht allein ein Strahl lki, sondern auch ein anderer lri in die Oefnung des in i liegenden Auges kommen; ersterer wird nämlich ungebrochen durchgehen, letzterer aber in eine Lage gebrochen, die mit mk parallel ist. Demnach wird das Auge den Gegenstand doppelt sehen, einmal durch die gewöhnliche Brechung in l und das andere mal durch die ungewöhnliche in f. Wäre l ein kleines Loch in einem Blatte Papier, oder in einer andern Bedeckung auf der Fläche ef, und es würde diese gegen das Licht gehalten, so wird alsdenn das Auge das Loch doppelt sehen, und diese beyden Löcher werden desto weiter von einander zu liegen scheinen, je dicker der Krystall ist.

Wenn der einfallende Strahl no in der Ebene des Schnitts ghfc liegt, und mit cg einen Winkel von 73° 20′ macht, so wird er durch die gewöhnliche Brechung nach oq hingeworfen, der andere Theil aber, auf den die ungewöhnliche Brechung wirkt, geht hier in gerader Linie mit no nach p fort, und bleibt auch beym Herausgehen in dieser geraden Linie.

Aus diesen und andern Versuchen wurde Huygens überzeugt, daß von den beyden verschiedenen Brechungen eine sich nach den gewöhnlichen Regeln richtet, d. i. diejenige, welche nach kl und oq geht. Er maaß das Verhältniß der Brechungen mit aller nur möglichen Sorgfalt, und fand das Brechungsverhältniß der gewöhnlichen, wie Bartholin, wie 5:3. Seine Methode, beyde Brechungen zu messen, war diese.

Er spannte Papier auf ein glattes Bret, und zog darauf eine schwarze gerade Linie (fig. 17.) ab, welche von zwey andern gezeichneten geraden Linien ced und kml unter rechten Winkeln geschnitten wurde, je nachdem er einen mehr oder weniger geneigten Strahl untersuchen wollte. Hierauf legte er den Krystall auf die Linie ab, so daß diese den stumpfen Winkel der untern Fläche halbirte, oder mit der ihn halbirenden Linie parallel lief. Hielt er das Auge gerade über ab, so erschien sie ihm nur einfach, und das Stück, welches er durch den Krystall sahe, lag mit den Theilen, die sich ausserhalb zeigten, in gerader Linie, aber die Linie cd schien gedoppelt. Das eine Bild derselben, welches durch die ordentliche Brechung entsteht, unterscheidet sich dadurch, daß es höher zu liegen scheint, als das andere, wenn man mit beyden Augen darauf sieht, oder daß es beym Umdrehen des Krystalls unbeweglich bleibt, da indessen das andere Bild sich ringsum bewegt. Hiernächst gab er seinem Auge die Stellung in i, beständig in der vertikalen Ebene durch ab, so daß er das regelmäßige Bild von cd mit den übrigen Theilen dieser Linie in gerader Linie erblickte. Nun bemerkte er den Punkt h auf der Oberfläche, wo der Durchschnittspunkt e erschien, so daß also dieser Punkt gerade über e liegt. Hierauf brachte er sein Auge gegen o hin, immer in der vertikalen Ebene durch ab, bis das Bild von cd, welches von der gewöhnlichen Brechung entsteht, mit kl, die er ohne Brechung wahrnahm, in gerader Linie schien, und sahe auf dem Krystall den Punkt n, wo des Durchschnitts e Bild hinfiel. Folglich war ihm die Länge und Lage der Linien nh, em und he, als die Dicke des Krystalls bekannt, woraus, wenn er diese Linien auf einem besondern Papiere zeichnete, und

so=

sowohl n e als n m zog, welche letztere h e in p schneidet, das Brechungsverhältniß, als welches dem Verhältnisse n e : n p gleich ist, bekannt wurde. Dieses ist bey allen Neigungen dasselbe, und wie gesagt, das von 5 : 3.

Auf eben diese Weise suchte er auch die ungewöhnliche Brechung. Zu dieser Absicht brachte er sein Auge in q, wo das Bild der Linie c d durch die ungewöhnliche Brechung mit k l, welche er ohne Brechung sahe, in eine gerade Linie zu fallen schien. Aus den bekannten Dreyecken r e h, r e f fand er die Winkel r e f, r f h, welche der gebrochene und einfallende Strahl mit dem Einfallslothe machten. Hier war aber das Brechungsverhältniß nach der verschiedenen Neigung des einfallenden Strahls veränderlich.

Auch fand Huygens, wenn q r e eine gerade Linie war, oder wenn der Strahl ungebrochen blieb, d. i., wenn des Punktes e ungewöhnliches Bild in der Linie c f, die er ohne Brechung sah, zu liegen schien, daß alsdann der Winkel q r g = 73° 20′ groß war, und es also nicht der mit der Ecke parallele Strahl ist, welcher ungebrochen durchgeht, wie es Bartholin geglaubt hat.

Nach weiterer Untersuchung der ungewöhnlichen Brechung fand er folgendes Gesetz derselben. Es sey fig. 18. das Parallelogramm, das durch den Hauptschnitt (fig. 16.) des Krystalls entsteht. Wenn die Neigungswinkel zweyer Strahlen, welche von entgegengesetzten Seiten herkommen, als hier die Strahlen v k und f k, gleich sind, so treffen jederzeit ihre gebrochenen Theile k x, k t auf die gerade Linie h f in Punk-

ten

ten x, t in gleichen Entfernungen von dem Punkte m, wo der gebrochene Theil des senkrechten Strahls die hf schneidet. Eben dies findet auch bey der Brechung in andern Schnitten des Krystalls statt.

Auch fand Huygens, daß, wenn zwey Stücke dieses Krystalls in einiger Entfernung so von einander gehalten wurden, daß beyde Seitenflächen mit einander parallel waren, und der Lichtstrahl im ersten Stükke in zwey Theile gespalten war, ein jeder dieser beyden, ohne sich weiter zu spalten, in das andere Stück übergieng, daß aber der regelmäßig gebrochene blos der gewöhnlichen Brechung, und der ungewöhnlicher Weise gebrochene blos der ungewöhnlichen Brechung folge. Lagen die Stücke so, daß ihre Hauptschnitte einen rechten Winkel mit einander machten, die gegen über liegenden Flächen mochten sich parallel seyn oder nicht, so ward der in dem ersten Stücke regelmäßig gebrochene Strahl in dem zweyten bloß nach der ungewöhnlichen Art, und der in dem ersten Stücke unregelmäßig gebrochene Strahl in dem zweyten blos nach der gewöhnlichen Art gebrochen. Bey allen übrigen schiefen Lagen der Stücke aber wurden die Lichtstrahlen beydemal gespalten.

Endlich erklärt Huygens diese sonderbaren Eigenschaften vermöge seiner Hypothese vom Lichte (s. den Artikel, Wesen des Lichts) aus den wellenförmig fortgepflanzten Schwingungen oder Wirbeln der Lichtmaterie auf diese Art, daß nämlich die ungewöhnliche Brechung aus sphäroidischen Lichtwellen, die gewöhnliche aber von sphärischen verursacht werde. Indessen gesteht er zuletzt doch ein, daß diese Erklärung ihm nicht befriedige, und er bis jetzt keine Ursache habe

auf-

auffinden können, die ihm nur einiger Maassen Genüge leiste.

Uebrigens fand auch Huygens, daß der Isländische Krystall nicht allein die Eigenschaft der doppelten Brechung besitzt. Er entdeckte sie auch, aber nicht so merklich, am Bergkrystall. Er ließ sich nämlich hieraus Prismen nach verschiedenen Schnitten schleifen und gut poliren, und nahm wahr, daß eine Lichtflamme oder das Bley an den Fenstern durch selbige doppelt erschien, wiewohl die Bilder nahe bey einander lagen.

Höfe und Nebensonnen.

Die Höfe (corona, halones) waren schon den Alten nicht unbekannt; allein sie waren nicht im Stande, nur etwas erträgliches davon zu sagen. Erst in diesem Zeitraume fieng man an, sie mit mehrerer Sorgfalt zu beobachten, und ihre Erscheinungen auf mancherley Art durch Brechung und Zurückwerfung des Lichts zu erklären. So sehr man sich aber auch bemühet hat, diese an manchen Orten gar nicht seltene Naturbegebenheit aus ihren wahren Gründen herzuleiten, so ist man doch selbst bis jetzt noch nicht im Stande, sie vollständig zu erklären. Um aber die Meynungen der vorzüglichsten Naturforscher über diesen Gegenstand deutlich zu verstehen, finde ich für nöthig, zuerst die merkwürdigsten Umstände dieses Meteors kürzlich anzuführen.

Unter den Höfen versteht man helle Ringe, welche die Sonne, den Mond, die Planeten, und bisweilen die Fixsterne umgeben, und bald weiß, bald farbig, wie der Regenbogen, sind. Bisweilen sieht man

man nur einen, bisweilen aber auch mehrere concentri- Ringe. Sonst ist aber die Größe der Höfe gar sehr verschieden, mehrentheils beträgt ihr Durchmesser 45 Grade, kann aber von 2° bis 90° und darüber anwachsen. Oft werden sie an Orte, die nur einige Meilen von einander liegen, nicht zugleich gesehen, daher kann auch die Ursache ihrer Erscheinung nicht sehr hoch in der Atmosphäre unserer Erde liegen.

Aehnliche Erscheinungen lassen sich hervorbringen, wenn man bey kalter Luft ein Licht hinter dem Dampf von warmem Wasser stellt. Auch wird man einen farbigen Ring um das Licht bemerken, wenn man Fensterscheiben anhaucht, und das Licht einige Fuß davon auf eine Seite, und sich auf die andere stellt. Otto von Guericke[f]) machte folgende Bemerkung: er hatte jenseit eines luftleeren Recipienten ein Licht gestellt; nachdem er nun in selbigem wieder Luft hineingelassen hatte und sich die darin enthaltene Feuchtigkeit niederschlug, so sahe er das Licht mit einem farbigen Ringe umgeben.

Cartesius[g]), welcher jederzeit da ist, wenn es auf die Erklärung einer Erscheinung ankömmt, bemerkt, daß kein Hof während des Regens sich sehen lasse, und folgert daher, daß dieses Phänomen von der Strahlenbrechung in den Eistheilchen herrühre, welche zu der Zeit in der Luft sich aufhalten. Diese sind zwar platt, wenn sie niederfallen, seiner Meynung nach mögen sie aber wohl in der Mitte erhaben gewesen seyn, ehe sie herabkamen, und nach Verschieden-

f) Nova experimenta Magdeb. lib. III. cap. XI. p. 89.
g) Meteororum cap. IX.

denheit der erhabenen Gestalt, meint er, werde der Durchmesser des Hofes veränderlich seyn.

Bey dieser Gelegenheit sucht er auch die farbigen Kreise, die man zuweilen um eine Lichtflamme sieht, zu erklären. Er glaubt, die Ursache derselben liege nicht in der Luft, sondern in einer besondern Verfassung des Auges. Er wurde hierauf durch eine zufällige Beobachtung geleitet. Als er nämlich einmal eine lange Zeit seinen Kopf auf den Arm gestützt, und dabey sein rechtes Auge mit der Hand geschlossen gehalten hatte, so sahe er, als ihm Licht gebracht ward und er dabey sein Auge öfnete, um die Flamme zwey Kreise von so schönen Farben, als er nur je an einem Regenbogen gesehen hatte. Der größere war auswärts roth und inwendig blau, der kleinere war auswärts roth und inwendig weiß, und dies bis gegen die Flamme. Als er das rechte Auge zuthat, verschwanden diese Kreise, kamen aber wieder, als er es öfnete und das linke verschloß. Daraus folgerte er, daß der Druck, den sein rechtes Auge gelitten hatte, es so verändert haben müsse, daß ein Theil der Lichtstrahlen von dem Bilde der Flamme abwärts gebrochen worden wäre. Er steht zwar an, diese Erscheinung vollständig zu erklären, meint aber, sie stimme mit seiner Farbentheorie genau überein.

Dagegen glaubte Isaac Vossius [h]), daß der farbige Ring um die Lichtflamme keinesweges in der Veränderung des Auges seinen Grund haben könne; denn es lehre die Erfahrung, daß gar keine solche Ringe entstehen könnten, ausser in einer sehr feuchten Luft. Daher komme es, daß man sie vorzüglich auf der

h) De natura lucis et proprietate. cap. XXIX.

der See, in der Gegend, wo der Wind vom Meere her wehe, und bey Bädern wahrnehme. Was die Farben betreffe, welche man an diesen Ringen beobachte, so würden sie aus eben der Ursache, wie die Regenbogenfarben erzeugt. Denn wenn man ein Stück Fensterglas nähme, dieses in kaltes Wasser tauche, es hierauf anhauche und in einer gewissen Entfernung vor die Lichtflamme halte, so würden die Farben der beobachteten Ringe ungemein lebhaft. Daß bisweilen zwey farbige Ringe um die Lichtflamme gesehen würden, habe seinen Grund in der ungleich guten Beschaffenheit beyder Augen. Die Ursache endlich, warum wir die Farben dieser Ringe in einer andern Ordnung, als beym Regenbogen wahrnähmen, sucht er darin, weil beym Regenbogen die Licht- und Sehestrahlen nach entgegengesetzten Richtungen giengen, und von einem größern Lichte gegen ein kleineres, bey den Ringen aber von einem kleinern gegen ein größeres sich bezögen, in welchem letztern Falle die Farben in umgekehrter Ordnung sich darstellten.

Gassendi [i]) ist der Meynung, daß die Höfe auf eben die Art wie die Regenbogen entstünden, und daß hiebey der Unterschied ganz allein von der verschiedenen Lage des Beobachters herrühre. Allein er hat auf keine Art begreiflich gemacht, wie die Farben, die an den Höfen in einer andern Ordnung als an den Regenbogen auf einander folgen, ins Auge kommen.

Auch Dechales [k]) sucht die Entstehung der Höfe aus ähnlichen Gründen, wie den Regenbogen zu

i) Opera Vol III. p. 103.

k) Mundus mathematicus. Vol. III. dioptrica. lib. III. prop. XXI. p. 757. sq.

zu erklären, und führt dabey folgenden Versuch an: wenn auf eine mit Wasser gefüllte Glaskugel (fig. 19.) a b die von c herkommenden Sonnenstrahlen auffallen, so werden sie nicht allein zwey farbige Kreise auf der Seite nach der Sonne hin zeigen, sondern auch auf der andern Seite wird sich ein solcher f g bilden, nachdem sie sich in dem Vereinigungspunkte e durchkreuzt haben. Auch werden sich die Farben zeigen, wenn man seine Augen irgendwo innerhalb des Kegels f g e stellt. Den Winkel f e g fand er 23 Grade groß. Blos die äussern Strahlen dieses Kegels waren so wie die vom Regenbogen herkommenden gefärbt. Aus diesem Versuche glaubt er die Entstehung der Höfe völlig zu erklären.

Wenn nämlich die Wolken vor der Sonne oder dem Monde weder zu dichte noch zu dünne sind, so müsse jederzeit um sie ein Hof entstehen, und die Regenbogenfarben werden sich an den Tropfen zeigen, die 23 Grade von der Sonne oder dem Monde entfernt sind. Es sey die Sonne (fig. 20.) in a, das Auge befinde sich in b, so wird der Kreis d f e, welcher dem Auge in b unter dem Winkel d b e = 46 Grade erscheint, den Hof darstellen. Daß die Farben an dem Hofe blässer, als an dem Regenbogen seyen, rühre daher, weil jener nicht in großen Regentropfen, sondern in sehr feinen Dünsten gebildet werde. Denn wären die Tropfen so groß, wie bey dem Regenbogen, so würde die Wolke so dick seyn, daß sie die Strahlen nicht gehörig durchließe. Daß die Farben, welche in dem feinen Dunste gebildet würden, sehr blaß seyen, habe seine völlige Richtigkeit, indem er bemerkt habe, daß die in solchem Dunste gebildeten Regenbogenfarben kaum zu bemerken wären.

Was die farbigen Kreise betrifft, die man oft um Lichtflammen sieht, so schreibt er sie nicht, wie Cartesius, einer besondern Veränderung des Auges, sondern vielmehr einer auf demselben befindlichen Feuchtigkeit zu, weil er diese Erscheinung durch bloße Dünste nicht habe hervorbringen können, wenn er seine Augen wohl ausgewischt habe. Auch habe er wahrgenommen, sagt er, daß solche Kreise von einigen Personen gesehen werden, von andern nicht, wie auch von derselben Person zu einer Zeit, und zu einer andern nicht [l]).

Die vornehmste Theorie der Höfe, welche in den damaligen Zeiten den größten Beyfall fand, hat Huygens [m]) vorgetragen. Er machte seine Gedanken bey Gelegenheit des am 12ten März 1667 zu Paris gesehenen Hofes bekannt, und las in der dasigen Akademie der Wissenschaften eine Abhandlung darüber ab, welche in den englischen Transactionen (Vol. V. n. 60.) übersetzt erschien, nachher aber verschiedene mal vermehrt wieder abgedruckt worden ist. Zuerst bemerkt er, daß er unter andern besonders am 30ten März 1652 einen Hof beobachtet habe, wobey er sich überzeugt habe, daß Cartesius Erklärung der Höfe keinesweges richtig sey. Seit dieser Zeit habe er sich bemüht, eine richtigere Ursache dieser Erscheinung aufzufinden, es habe ihm aber immer nicht gelingen wollen; endlich aber sey er im Jahre 1658 durch die Erscheinung von fünf Nebensonnen zu Warschau veranlaßt worden, diesem Gegenstande etwas genauer nachzuspühren, und er sey so glücklich gewesen, die wahre Entstehungsart der Höfe, und bald darnach auch die der Nebensonnen zu entdecken.

Zur

l) Mundus mathematicus. Vol. III. p. 758. sq.

m) Diss. de coronis et parheliis in opp. posthumis. Lugd. Batav. 1703. 4. p. 293. sqq.

Zur Erklärung dieses Phänomens nimmt Huygens an, daß es in der Atmosphäre kleine Kügelchen mit einem undurchsichtigen Kerne gebe, etwa so groß als Rübsaamen. Daß aber wirklich solche Körper in den Wolken anzutreffen wären, lehre die Erfahrung, wie dies auch selbst Cartesius bezeuge, indem dergleichen bisweilen herabgefallen wären, welche aus einer durchsichtigen Eisrinde, in der Mitte aber aus Schnee bestanden hätten, wiewohl diese etwas größer wären, als er in der Atmosphäre anzunehmen berechtigt sey. Um seine Erklärung einleuchtender zu machen, giebt er zuerst eine Zeichnung von einem solchen Kügelchen vergrößert, wie fig. 21., wo ef den Schneekern bedeutet. Wenn die von gh herkommenden Strahlen auf die Fläche ad fallen, so müssen sie zur Seite gelenkt werden, so daß ein Theil auf den dunkeln Kern stößt, andere ihn berühren, wie ab und dc, und nach einer nachmahligen Brechung in b und c nach bk und ck herausgehen, und sich in k durchkreuzen, einem Punkte, welcher um etwas weniger als der Halbmesser des Kügelchens von diesem entfernt ist. Wenn daher (fig. 22.) bk und ck nach l und m hin verlängert werden, so kann in das Auge, welches innerhalb des Winkels oder vielmehr des Kegels lkm sich befindet, kein Sonnenlicht kommen, weil die übrigen weiter von dem dunkeln Kerne vorbeygehenden Strahlen noch mehr auseinander fahren. Dieser nämliche Erfolg findet bey allen übrigen ähnlichen Kügelchen statt; ein jedes nämlich hat einen Schattenkegel hinter sich, innerhalb desselben das Auge keine Strahlen durch das Kügelchen erlangen kann. Gesetzt das Auge befinde sich in n, und man stelle sich vor, dieser Punkt n sey der Scheitel eines Kegels, dessen Seiten nr und nq mit den Seiten des obigen Ke-

gels kl, km parallel sind, so kann keines von den Kügelchen innerhalb des Kegels qnr Strahlen in das Auge senden. Allein jedes andere Kügelchen ausserhalb des Kegels qnr kann Strahlen in das Auge schicken, solche nämlich, die eine stärkere Brechung, als der Strahl xz, erleiden; mithin wird ein solches erleuchtet, die andern aber innerhalb des Kegels qnr dunkel erscheinen. Demnach muß eine gewisse Fläche rund um die Sonne herum dunkel aussehen, die Theile ausserhalb dieser Fläche aber helle, und zwar nahe an derselben am hellsten, weil es leicht erwiesen werden könne, daß die zunächst dem Kegel qnr befindlichen Kügelchen das größte Bild der Sonne darstellen. Auch muß bey jeder Höhe der Sonne ein Hof um derselben auf eben die Art entstehen, weil die Kügelchen sowohl wie der Kern eine kugelrunde Gestalt besitzen.

Um diese seine Theorie zu bestätigen, führt er noch folgenden Versuch an: wenn man eine Kugel von dünnem Glase, die mit Wasser gefüllt ist und in der Mitte eine kleinere undurchsichtige Kugel enthält, in die Sonnenstrahlen hängt, so werde man kein Sonnenbild auf ihr wahrnehmen können, wofern sie nicht bis auf eine gewisse Entfernung von der Linie, welche durch das Auge nach der Sonne gehet, gebracht wird; so bald man aber das Sonnenlicht von ihr zu erhalten anfange, werde man ein helle leuchtendes Bild der Sonne und zugleich eine rothe Farbe sehen.

Er berechnet, daß sich der Halbmesser des ganzen Kügelchens zum Halbmesser des Kernes wie 1000 : 480 verhalten müsse, wenn der Hof im Durchmesser 45°; wie 1000 : 473, wenn er im Durchmesser 44°; und wie 1000 : 680, wenn er im Durchmesser 90° seyn soll.

Ue-

Uebrigens nimmt er an, daß die Kügelchen zuerst feiner Schnee gewesen wären, welcher durch die beständige Bewegung der Luft die runde Gestalt bekommen habe, und darauf nach aussen hin aufgethauet sey.

Was die Nebensonnen (parhelii, parhelia) betrifft, so versteht man darunter Bilder der Sonne, welche sich bisweilen ausser der wahren Sonne am Himmel zeigen. Mehrentheils sind sie durch einen hellen, auch wohl gefärbten Ring unter einander verbunden, oder haben auch schweifähnliche Stücke eines solchen Ringes an sich. Sie sind weit seltener, als die Höfe. Indessen führen die Alten sie doch schon an. In den neuern Zeiten ist das sogenannte Römische Phänomen, welches Scheiner am 20ten März 1629 wahrgenommen hat, sehr berühmt, weil es das erste seiner Art war, das die Naturforscher aufmerksam machte. Es wird dieses auf folgende Weise beschrieben:

Der Ort des Beobachters zu Rom ist a (fig. 23.), sein Zenith b, die wahre Sonne c, ab eine Ebene durch den Ort des Beobachters, die wahre Sonne und das Zenith. Um die Sonne c giengen zwey nicht geschlossene aber farbige Ringe, der kleinere def vollständiger und vollkommener, jedoch bey df unterbrochen und offen, ob er sich gleich bisweilen zu schließen schien, der andere ghi aber weit blässer und kaum zu erkennen. Der dritte Kreis klmn war sehr groß, ganz weiß, gieng mitten durch die Sonne, und allenthalben mit dem Horizonte parallel. Anfangs war dieser Kreis ganz, gegen das Ende von m nach n aber blaß und unterbrochen, daß er fast gar nicht zu erkennen war. In dem Durchschnitte dieses Kreises mit

dem farbigen Ringe g h i zeigten sich zwey nicht ganz vollkommene Nebensonnen n und k, wovon diese schwächer, jene stärker glänzte. In ihrer Mitte leuchteten sie fast eben so sehr, wie die wahre Sonne, allein nach dem Rande hin hatten sie Farben wie der Regenbogen, und waren da auch nicht rund und glatt abgeschnitten, sondern ungleich und höckrig. Die Nebensonne n war beständig in zitternder Bewegung, und warf einen feuerfarbenen Schweif n p von sich. Jenseits des Zeniths zeigten sich noch zwey andere Nebensonnen l und m, nicht so glänzend wie jene, aber ründer und weiß, wie der Kreis worin sie standen. Die Nebensonne m verschwand früher als l, wie auch der Ring auf dieser Seite. Auch verschwand die Nebensonne n eher als k, und so wie jene abnahm, nahm diese an Glanz zu, und verschwand zu allerletzt. Die Ordnung der Farben in den Kreisen d e f, g h i war wie bey den Höfen, nämlich das Rothe zunächst der Sonne; auch war der Durchmesser des einen Kreises 45° n).

Nach dieser Zeit haben mehrere Naturforscher Beobachtungen an Nebensonnen angestellt. Unter allen aber ist diejenige, welche Hevel zu Danzig o) machte, die schönste und seltenste dieser Art; er sahe nämlich am 20ten Febr. 1661 sieben Nebensonnen auf einmal. Dieses Hevelische Phänomen scheint alle wesentliche Abwechselungen dieses schönen Schauspiels, welche man sonst oft einzeln gesehen hat, zu vereinigen. Es unterscheidet sich diese Erscheinung von der rö-

n) S. *Cartesii* meteorum cap. X. *Hugenius* de coronis et parheliis §. 7.

o) De rarissimis quibusdam paraselinis ac pareliis in s. mercurio in sole viso. Gedani. 1662. fol. p. 173.

römischen nur darin, daß drey farbige Kreise um die Sonne gehen, deren äusserster über b hinausliegt, und daß bey h und e noch kleine gegen die Sonne erhabene Bogen von horizontalen Kreisen zu sehen sind. Die Nebensonnen befinden sich alle im Durchschnitte der Kreise und Bogen, nur eine einzige zeigt sich im großen horizontalen Kreise bey n, der wahren Sonne gegen über, und der feuerfarbene Schweif pn erstreckt sich nicht gerade aus, sondern krümmt sich im Bogen als einen Theil des Kreises nmlk.

Die Nebensonnen sind gewöhnlich von Höfen begleitet, welche zum Theil weiß, zum Theil wie Regenbogen gefärbt sind. Ihre Größe und Anzahl ist verschieden, die Breite aber ist jederzeit dem scheinbaren Sonnendurchmesser gleich. Meistentheils geht ein großer weisser mit dem Horizonte paralleler Kreis durch alle Nebensonnen, und würde, wenn er ganz wäre, durch den Mittelpunkt der Sonne gehen. Bisweilen erstrecken sich um diesen Kreis noch farbige Bogen von kleinern concentrischen Kreisen, welche da, wo sich die Kreise berühren, noch mehr Nebensonnen bilden. Die Schweife sind jederzeit Stücke dieser Kreise, und erscheinen oft einzeln. Die Ordnung der Farben an den bunten Kreisen ist wie an den Regenbogen; einwärts gegen die Sonne sind sie roth, wie es mehrentheils bey den Höfen um die Sonne zu seyn pflegt. Uebrigens dauern die Erscheinungen der Nebensonnen eine, zwey, drey, auch vier Stunden.

Der erste, welcher eine Erklärung von der Entstehung der Nebensonnen versuchte, war Cartesius. Er nahm an, daß eine große Menge gefrorner Dünste durch entgegengesetzte Dünste zusammen getrieben würden,

den, wodurch ein sehr großer Eiscylinder sich bilde, der das darauf fallende Licht nach allen Seiten zurückwerfe, und solchergestalt den großen horizontalen Kreis auf den herumliegenden Wolken bilde.

Dechales [p]), welcher mit allem, was man bisher über die Nebensonnen geschrieben hatte, unzufrieden war, hält es bloß im Allgemeinen für möglich, daß die Nebensonnen durch Zurückwerfung des Sonnenlichts von den Wolken unter gewissen Umständen entstehen können. Denn er sagt, es habe ihm sein Lehrer erzählt, daß man einst zu Vesoul in Bourgogne ein Gespenst in den Wolken gesehen habe; ein in der Luft schwebender bewafneter Soldat nämlich habe die ganze Stadt in ein großes Schrecken versetzt. Nachdem man aber diese Sache genauer untersucht habe, habe man gefunden, daß dieses Luftbild von einem Bilde des heil. Michaelis entstanden seyn müsse, welches oben auf der Kirche gestanden, und sich in den Wolken abgespiegelt habe.

Huygens [q]) bemühete sich nicht weniger, eine befriedigende Erklärung über die Entstehung der Nebensonnen zu geben, als er es wegen der Höfe gethan hatte. Seine aufgestellte Hypothese hat noch mehr Beyfall gefunden, als die von den Höfen. Nachdem er über die Ursache der Entstehung der Nebensonnen nachdachte, so sahe er wohl ein, daß diese nicht von solchen kleinen Kügelchen hervorgebracht werden konnten, wie die Höfe. Weil aber die Nebensonnen bestän-

p) Cursus mathematicus T. III. diopt. lib. III. prop. XXIII.

q) Diss. de coronis et parheliis §. 12. sqq.

ständig mit Höfen begleitet sind, so meint er auch, sie könnten nicht anders als von einer ähnlichen Ursache herrühren. Zu dem Ende nahm er statt der kleinen kugelförmigen Hagelkörner kleine aufrecht schwebende durchsichtige Eiscylinder oder Eisnadeln (specula glacialia) mit undurchsichtigen Kernen an, die ihm zur Erklärung dieses Phänomens am geschicktesten und am wahrscheinlichsten zu seyn schienen, weil er nicht allein öfters wahrgenommen hatte, daß die Schneeflokken aus dünnen langen Theilchen bestehen, sondern sich auch errinnerte, daß Cartesius gewisser kleiner Säulchen erwähnt, die er auf dem Boden liegen gesehen hatte, und die an den Enden mit flachen sechseckigen Sternchen begrenzt gewesen waren.

Die Entstehung des großen weissen Kreises in dem Römischen Phänomen erklärt er durch die Zurückwerfung der Sonnenstrahlen von der Aussenseite dieser aufrecht schwebenden Eiscylinder. Dies zeigt er deutlich durch eine Zeichnung eines solchen Cylinders im Großen, und des Weges, welchen die zurückgeworfenen Strahlen nehmen müssen. Denn jeder Punkt der Sonne erleuchtet einen Kreis von Cylindern, dessen scheinbare Höhe mit der Höhe des erleuchteten Punktes einerley ist. Dadurch muß nothwendig ein gewisser durch die Sonne gehender horizontale Ring von gleicher Breite mit derselben entstehen. Hiebey ist auch zu bemerken, daß mit der Aenderung der Höhe der Sonne ebenfalls dieser Kreis seine Höhe ändert, und daher größer oder kleiner wird; so wie auch verschiedene von einander weit entfernte Beobachter ein jeder seinen besondern durch die Sonne gehenden Kreis sehen muß, wie es mit dem Regenbogen geschieht. Ueberdies ist zu bemerken, daß zur Zeit der Erscheinung

dieser Kreise oder Ringe keine dicken Wolken in der Atmosphäre gesehen werden, sondern nur so dünne, daß man sie kaum erkennen kann, weil bey den meisten Beobachtungen der Himmel als heiter angenommen wird. Dies stimmt mit der vorausgesetzten Hypothese sehr wohl zusammen, indem die kleinen Eiscylinder eine dünne gleichförmig ausgedehnte Wolke bilden müssen, durch welche man die Sonne und selbst den blauen Himmel muß sehen können. Die beyden Nebensonnen bey n und k läßt Huygens von eben diesen aufrecht schwebenden Cylindern entstehen, aber vermittelst einer gedoppelten Brechung der Sonnenstrahlen, völlig eben so wie bey den Höfen. Es können nämlich wegen des undurchsichtigen Schneekernes von den Eiscylindern zwischen k und n keine Strahlen ins Auge kommen, daher auch nach ihm die Entfernung dieser beyden Nebensonnen von einander desto größer wird, je größer der undurchsichtige Kern gegen den ganzen Cylinder ist. Die Sonne scheint am hellsten durch die ausserhalb k und n befindlichen und zugleich nächst daran liegenden Eistheilchen, etwas auch wohl durch die darauf folgenden, aber immer schwächer und schwächer bis auf eine gewisse Entfernung. Daher entsteht der Schweif der Nebensonnen, welcher nach der Richtung des weissen Kreises hin läuft, und diesen, so weit er sich erstreckt, heller macht. Der Schweif der Nebensonne n, sagt Huygens, sey zwar ausserhalb des weissen Kreises gezeichnet, dies sey aber vermuthlich ein Irrthum, oder der Beobachter habe denselben geflissentlich so darstellen wollen; dagegen habe es Hevel richtiger angegeben. Obgleich der Nebensonne k kein Schweif zugeschrieben werde, so müsse doch gewiß ein Theil des weissen Kreises den Schweif ausgemacht haben, wenn er gleich nicht recht kenn=

kennbar gewesen wäre, da selbst diese Nebensonne einen schwächern Glanz als die andere besessen habe. Denn daß nicht allein Nebensonnen, sondern auch Nebenmonde Schweife hätten, erhelle nicht nur aus Hevels Beobachtungen, sondern auch aus seinen eigenen. Endlich sey auch daraus die Ursache des ausserordentlichen Glanzes dieser Nebensonnen sehr leicht begreiflich, wenn man bedenke, daß ein jeder Cylinder nach seiner Länge glänze, dagegen die Kügelchen bey den Erscheinungen der Höfe und des Regenbogens nur wenig Licht gäben, so daß ein einziger Cylinder vielleicht mehr leuchte, als zehn solcher Kügelchen zusammen genommen. Wenn daher eine sehr große Menge solcher Eiscylinder in der Luft vorhanden wären, so sey es gar nicht zu verwundern, daß die Bilder der Sonne so glänzend würden.

Hiernächst untersucht er, um seine Hypothese zu erweisen, die Brechung der Strahlen durch die Eiscylinder mit vieler Genauigkeit; stellt Berechnungen über die Entfernungen der Nebensonne von der wahren Sonne nach der Verschiedenheit der Höhe der Sonne an, und bringt seine gefundenen Resultate in eine Tabelle. Hieraus zieht er alsdenn die Folge, daß, wenn eine hinreichende Menge von Eiscylindern, wovon einige mehr andere weniger geschmolzen sind, über einander liegen, außer den beyden der Sonne zur Seite nächstliegenden Nebensonnen noch zwey oder mehrere weiter hin, wiewohl beständig auf dem weissen horizontalen Ringe, erscheinen können, wie dies auch Hevels Beobachtungen vom Jahre 1661, und Scheiner's von 1630 bestätigen. Ueberdem erhelle, sagt er, aus seiner berechneten Tabelle, daß bey unveränderter Lage der Eiscylinder die Entfernung der Neben-

son-

sonnen von der wahren Sonne größer werde, so wie die Sonnenhöhe zunehme, und umgekehrt, so wie dies aus seinen eigenen Beobachtungen erhelle. Es könne aber diese veränderte Entfernung noch größer werden, wenn die Eiscylinder mehr zu schmelzen anfiengen; auf solche Art ließe sich ein zur Zeit des Augustus sich ereignetes Meteor erklären, da drey Sonnen zugleich erschienen seyn, und sich bald in eine einzige zusammengezogen haben sollen.

Hierauf sucht auch Huygens den Hof, welcher in dem Römischen Phänomen die Sonne umgiebt, zu erklären. Hiebey war ihm seine erste Hypothese zur Erklärung der Höfe unbrauchbar. Denn wenn gleich sehr wahrscheinlich zu der Zeit, da kleine Eiscylinder in der Luft entstehen, auch halb aufgethauete Kügelchen in ihr sich befinden mögen, so ist es doch nicht zu begreifen, wie sie genau in dem Verhältnisse aufgethauet werden können, daß der von ihnen erzeugte Hof um die Sonne eben durch die Nebensonnen geht. Huygens zeigt zwar, daß Eiscylinder, welche in der Luft nach allen Lagen zerstreuet liegen, eben so gut, wie Kügelchen, einen Hof verursachen können; allein hiebey findet eine gleiche Schwierigkeit statt. Er sucht sich also dadurch zu helfen, daß er die Enden der vorausgesetzten Eiscylinder nicht platt, sondern abgerundet annimmt, und zwar aus dem Grunde, weil sie oben und unten nicht anders als an den Seiten, und allenthalben gleichviel austhauen. Daher werden nicht allein diejenigen Cylinder, welche neben der Sonne liegen, und die Nebensonnen hervorbringen, Licht ins Auge senden, sondern auch diejenigen von den senkrecht schwebenden, welche zunächst an einem gewissen Winkel herum oben und zur Seite sich befinden, und diese werden auch den Hof verursachen.

Diese

Diese seine Theorie glaubte er noch durch folgenden Versuch zu bestätigen: er ließ sich einen an beyden Seiten abgerundeten gläsernen Cylinder machen, den er mit Wasser und mit einem undurchsichtigen Körper in der Mitte ausfüllte. Nachdem er nun diesen in eine gehörige Lage gegen das Sonnenlicht gestellt hatte, so fand er, daß dieser auch wirklich das Licht auf eine solche Weise brach, daß dadurch die zu erklärende Erscheinung hervorgebracht werden konnte. Auch glaubte er den von Heveln bemerkten Umstand, daß der durch die Nebensonne gehende Kreis nach oben und unten hin blasser erscheint, aus der Brechung in den von ihm vorausgesetzten cylindrischen Körpern erklären zu können.

Die Entstehung der beyden Nebensonnen l und m hinterwärts in dem weissen Kreise leitet er ebenfalls aus der Brechung des Lichts in den Eiscylindern dieser Gegend ab; er erweiset, daß sie sich in diesem großen weissen Kreise befinden müssen, und berechnet zugleich die Entfernung derselben von einander auf 90°. In der Abbildung des Römischen Phänomens ist sie zwar über 90 Grade groß gesetzt; allein sie war weder gemessen, noch nach dem Augenmaaße geschätzt, und überhaupt gar nicht besonders angegeben; daher glaubt Huygens, sie sey viel zu groß gemacht. Auch sollen in diesem Phänomene die angeführten hintern Nebensonnen weiß gewesen seyn, da sie nach Huygens Hypothese hätten gefärbt seyn müssen. Er meint daher, daß ihre weisse Farbe von der Schwäche des Lichts hergerührt habe. Auch sey es nicht unglaublich, daß aus eben dieser Ursache die Höfe, und sogar Nebensonnen zunächst der wahren, nach des Kochelius genauer Beobachtung, weißlicht erscheinen.

Daß aber auch diese hintern Nebensonnen bisweilen gefärbt gesehen werden, erhelle aus einer Nachricht des Matthäus Paris, welcher erzähle, daß ausser der wahren Sonne vier rothe Nebensonnen auf einem großen krystallfarbigen Kreise wären wahrgenommen worden.

Wenn die Eiscylinder in geringer Menge vorhanden sind, so kann es auch geschehen, daß gar keine hintern Nebensonnen vorhanden sind, wenn gleich der weisse Kreis deutlich beobachtet wird, wie denn auch dies sehr oft wahrgenommen ist. Es kann dies aber auch daher rühren, daß die innern undurchsichtigen Cylinder in dem hintern Theile des weissen Kreises zu dicke gegen die ganzen Cylinder sind. So fand Huygens durch eine Berechnung, daß bey einer Höhe der Sonne von 25 Graden, wenn der Durchmesser des undurchsichtigen Cylinders gegen den Durchmesser des ganzen größer als in dem Verhältnisse von 590 : 1000 ist, keine Nebensonnen hinten auf dem Kreise erscheinen können.

Daß die hintern Nebensonnen in dem Römischen Phänomen ründer als die zur Seite befindlichen gewesen sind erklärt Huygens daher, daß zwar einige von den Eiscylindern in dem Bogen l m, die nämlich, welche zunächst bey l und m liegen, gebrochene Strahlen ins Auge senden, jedoch aber viel wenigere, als die in l und m befindlichen. Daher werden diese Nebensonnen keine Schweife besitzen. Ueberdem geschehen die Brechungen in den letzten Cylindern weit regelmäßiger, weil die Strahlen nicht nach der ungleichen Oberfläche des inwendigen Cylinders ihren Weg zu nehmen gezwungen

gen sind, sondern von der völlig polirten Oberfläche des wässerichten Cylinders zurückgeworfen und gebrochen werden. Die zitternde Bewegung der Nebensonnen mag aus der bald größern bald geringern Menge von Eiscylindern entstanden seyn, woraus auch erhellet, warum der Hof d f e unten bald geschlossen bald offen gewesen ist, und warum die Nebensonne k heller geworden ist, als n zu verschwinden anfieng.

Nachdem nun Huygens das berühmte Römische Phänomen auf diese Art erklärt hatte, so erklärte er auch nach dieser seiner Theorie eben so glücklich die prächtige von Hevel gemachte Beobachtung, wovon weiter etwas beyzubringen unnöthig ist, da die Erklärung auf eine ganz ähnliche Art, wie bey dem Römischen Phänomene, geschahe.

Vermischte Bemerkungen und Entdeckungen.

In diesen Zeitraum fallen noch einige einzelne Beobachtungen und Entdeckungen, welche sich auf Brechung, Zurückwerfung und andere Eigenschaften des Lichts gründen, und welche ich in diesem Artikel in möglichster Kürze erzählen werde.

Gassendi's Meynung vom Lichte und der Vergrößerung der Sonne und des Mondes am Horizonte sind bereits oben angeführt worden. Ungeachtet also die Sonne im Horizonte größer scheint, so behauptete er doch, und wollte es durch Versuche erweisen, daß der Schatten eines Gegenstandes alsdenn größer sey, als er es unter gleichen Umständen ist, wenn die Sonne höher steht. Sein Versuch bleibt merkwürdig, weil er die Einmischung der Strahlenbrechung, welche

am Horizonte am größten ist, offenbar beweiset. Er ist folgender: auf einem starken Brete (fig. 24.) ih, 24 Pariser Fuß lang, waren zwey kleine Breter ni und rh, jedes etwa einen halben Fuß hoch, senkrecht gestellt. Diese Vorrichtung erhielt gegen die Sonne eine solche Stellung, daß die Linie ih nach dem untern Sonnenrande hinlief. Der Schatten des vordern Bretes ni ward alsdann auf dem hintern Brete rh aufgefangen. Bey der Sonnenhöhe von 3 Grad fand er den Schatten durch Messung 3 Zoll, 3,6 Linien; bey der Höhe von 5 Grad 3 Zoll 3 Linien; bey 8 Grad Höhe, 3 Zoll 2,8 Linien, und bey 15 Grad Höhe 3 Zoll 2,4 Linien. Die Vergrößerung des Schattens Nachmittags stimmte mit der Abnahme Vormittags genau überein. Dieselben Beobachtungen machte er auch mit dem Mondenlichte, und wiederholte sie oft, ohne einen Unterschied in den Resultaten zu finden. Uebrigens giebt er seinen Freunden die Versicherung, daß es unmöglich sey, die Messung mit größerer Sorgfalt und Vorsicht anzustellen. Die Vergrößerung des Schattens bey dem niedrigen Stande der Sonne erklärt Gassendi daraus, daß der Sonnendurchmesser durch die dicken Dünste in der Luft vergrößert werde, so daß die Strahlen, welche den obern Rand des Schattens begränzen, nicht von dem obersten Theile der Sonnenscheibe, sondern von einem etwas niedriger liegenden herkommen [r]).

Die meisten Alten glaubten schon, daß die Sonne und der Mond nahe beym Horizonte deswegen sehr groß aussehe, weil man sie da für weit entfernter halte, als

r) Epistolae de apparente magnetudine solis humilis et sublimis, epistola prima in opp. T. III. p. 421.

als wenn sie nahe bey dem Meridiane sind, und daß der Himmel in der Gegend des Horizontes darum von uns entfernter scheint, weil der Raum zwischen dem Horizonte und dem Auge durch die vielen Gegenstände auf der Erde eingetheilt wird. Diese Erklärung setzte unter andern besonders der Engländer Hobbes etwas genauer aus einander, begieng aber doch bey der Anwendung der Geometrie auf diesen Gegenstand einige Fehlschlüsse. Er führt an, daß dieser Gesichtsbetrug vom Scheitelpunkt an bis zum Horizonte allmählig zunehme, und daß, wenn man den scheinbaren Bogen zwischen dem Scheitel und dem Horizonte in gleiche Theile theilt, diese Theile einen desto kleinern Winkel einnehmen werden, je weiter man gegen den Horizont herabkommt. Auch war Hobbes der erste, welcher die scheinbare Wölbung des Himmels als ein Stück einer Kugelfläche betrachtete.

Die blaue Farbe des Himmels ist eine Erscheinung, welche einem jeden in die Augen fallen mußte. Gleichwohl hat es eine ziemlich lange Zeit gedauert, ehe man sie genugthuend zu erklären vermochte. Fromond war der Meynung, daß sie aus einer Mischung vom Lichte und der Schwärze des Raumes jenseits der Atmosphäre entstände; Honoratus Fabri aber war mit dieser Meynung nicht zufrieden, sondern behauptete dagegen, daß sie von der Zurückstrahlung des Lichts an den in der Luft herumschwebenden Theilchen herrühre; und Funccius, welcher über diesen Gegenstand ein ganzes Werk geschrieben hat, leitete fast, wie Fromond, die blaue Farbe des Himmels von einer Mischung vieles Schattens und wenig Lichts ab. Fromond's Meynung ist nachher lange Zeit gar allgemein angenommen, und erst in den

neuern Zeiten bestritten worden. Otto von Guericke versichert sogar, daß eine Mischung von Weiß und Schwarz wirklich blau gebe, und führt zum Beweise an, daß, wenn man des Morgens ein brennendes Licht verdecke, und den Schatten auf weisses Papier fallen lasse, dieser vollkommen blau und nicht schwarz seyn werde [a]). Die Unrichtigkeit dieser seiner Meynung würde Otto von Guericke sogleich wahrgenommen haben, wenn er weisse und schwarze Pulver mit einander vermischt hätte, welche ihm kein Blau würden gegeben haben. Indessen ist er nicht der einzige, welcher sich hierin irrte, selbst nachherige Naturforscher, welche sich mit diesem Gegenstande besonders beschäftigten, haben hierin gefehlt.

In Rücksicht der Brechung des Lichts in der Atmosphäre hat D. Hooke folgende Bemerkungen gemacht. Er war der erste, welcher auf den Gedanken kam, daß man bey der Berechnung der Höhen der Berge auf die Strahlenbrechung der höhern und dünnern Luft in die niedrigere und dichtere Rücksicht nehmen müsse. Diesem Umstande schreibt er die Verschiedenheit in den Angaben der Höhen einiger Berge zu. Daß der Pik von Teneriffa und noch andere sehr hohe Berge auf eine so große Entfernung, wie man sie wirklich sieht, gesehen werden, kann er sich nicht anders erklären, als daß der Gesichtsstrahl auf seinem Wege von der Höhe des Berges bis zum Auge sich krümmt. Deßwegen, sagt er, müssen alle Berechnungen, welche den Weg des Lichtstrahls als eine gerade Linie betrachten, irrig seyn [b]).

Das

a) Nova experiment. Magdeb. lib. IV. cap. XII. p. 147.

b) Micrographia. p. 236.

Das Blinkern der Sterne erklärt D. Hooke aus der ungleichen und unregelmäßigen Brechung des Lichtstrahls in der Atmosphäre, welche auch dem Rande der Sonne, des Mondes und der Planeten eine zitternde Bewegung gebe. Daß wirklich eine solche ungleiche Mischung der Theile in der Atmosphäre statt finde, beweiset er aus der Verschiedenheit der Hitze und Kälte in der Luft. Hievon könne man sich überzeugen, wenn man nach entfernten Gegenständen über einem Stücke heissen Glases hinsehe, dem man doch auf keine Art Ausdünstungen zuschreiben könne. Das nämliche bemerke man, wenn man sie durch die aufsteigenden Dünste des Wassers betrachte [u]).

Im Jahre 1664 erzählte D. Hooke der königlichen Gesellschaft, daß er mit einer Linse von Eis zwar das Bild der Sonne auf seiner Hand entworfen, aber doch keine merkliche Hitze hätte hervorbringen können. Er wurde gebethen, diesen Versuch zu wiederholen, zugleich aber auch mit einer Glaslinse den Versuch zu machen, ob diese bey der nämlichen Witterung vielleicht Hitze hervorbringen würde. Ob dieser Versuch wirklich angestellt sey, ist unbekannt. Allein Cartesius führt schon an, daß Jakob Metius von Alkmar, dem er die Erfindung der Teleskope zuschreibt, und der sich mit Schleifung der Brillen und anderer Linsengläser beschäftigte, bisweilen Linsen von Eis verfertigt, und sie nicht unbrauchbar gefunden habe. Wenn D. Hooke und die Mitglieder der königl. Gesellschaft diese Stelle nicht übersehen hätten, so würden sie gar nicht nöthig gehabt haben, einen Versuch mit einer Eislinse anzustellen.

Auch

u) Micrographia. p. 231.

Auch wurde in diesem Zeitraume die erste Beobachtung über das länglichte Farbenbild, welches durch die doppelte Brechung im Prisma entsteht, gemacht, ob es gleich vor Newton niemand zu erklären im Stande war. Diese erste Bemerkung machte nämlich Grimaldi [v]), eben der, welcher die wichtige Entdeckung von der Beugung des Lichts machte. Er wurde hierauf durch einige Versuche, wodurch er beweiset, daß in einigen Fällen Farben blos durch Brechung, nicht durch Zurückwerfung des Lichts entstehen, geleitet. Sein erster Versuch, dies zu erweisen, war der von Vitellio, da ein Lichtstrahl in einem verfinsterten Zimmer auf ein mit Wasser gefülltes gläsernes Gefäß schief auffällt; der andere Versuch war eben der angeführte mit dem gläsernen Prisma, da der Lichtstrahl durch eine doppelte Brechung beym Eingange und beym Ausgange aus einander fährt, welches er durch Figuren ganz wohl erklärt. Hiebey zeigt er auch, daß der schiefe Winkel des Prisma dazu wesentlich nothwendig sey, weil beym Durchgange durch ein Glas mit parallelen Flächen die ausfahrenden Strahlen den einfallenden parallel und farbenlos seyn würden.

Grimaldi gebraucht sogar schon den Ausdruck, daß im Prisma ein Theil des Lichtstrahls mehr gebrochen werde, als der andere. Allein er versteht hierunter nicht eine verschiedene Brechbarkeit der Theile, aus welchen der Strahl zusammengesetzt ist. Er machte sich von dieser Sache nur folgende Vorstellung: das Licht sey auf derjenigen Seite dichter, wo es am we-

v) De lumine, coloribus et iride. Bonon. 1664. 4. p. 235. 272.

wenigsten gebrochen werde, oder wo es roth ist, und auf der andern, wo es die stärkste Brechung erleide, dünner und ausgedehnter.

Daß solche Prismen, und überhaupt alle eckigte Glasstücke das durchgehende Licht färben, ist eine sehr alte Beobachtung. Cartesius gebrauchte es zur Erläuterung der Regenbogenfarben, wie oben angeführt ist. Priestley in seiner Geschichte der Optik führt aus Kirchers china illustrata eine Erzählung des P. Trigaut an, daß die färbende Eigenschaft den Prismen in den Morgenländern einen großen Werth verschaffe, weil man sie als eine Kostbarkeit betrachte, die nur für die Schätze der Großen gehöre, und ein einziges Stück mit 500 Goldstücken bezahlt worden sey. Die ganze Stelle des Trigaut steht auch beym Zahn [w]).

Ob also gleich längst bekannt war, daß Prismen Farben erzeugen, so hatte man doch vor Grimaldi auf die Veränderung der Gestalt des Strahls nicht Acht gegeben. Indessen glaubte dieser Italiäner, daß das Licht blos auf die eine oder andere Art durch die Theile des Prisma unregelmäßig zerstreuet würde. Allein weder er noch andere nach ihm haben diesen Gegenstand weiter verfolgt, vielleicht in der Meynung, daß er weiter nichts auf sich habe. Erst Newton war hierin glücklicher.

Die Mitglieder der Akademie zu Florenz machten einige Beobachtungen über die Wirkungen der Brenngläs-

w) Oculus artificialis, ed. 2 da. Norib. 1702. fol. p. 498.

gläser, die hier noch angeführt zu werden verdienen. Ihre Versuche hatten die Absicht, auszumachen, welche Materien von den Brenngläsern erhizt zu werden am fähigsten sind. Sie beweisen, gegen die damals herschende Meynung, daß weisse Körper, als feine Leinwand, feines Schreibpapier, so wie auch andere von ihnen angeführte Materien, und besonders das Schießpulver dadurch angezündet werden könnten; allein sie waren nicht im Stande, Weingeist damit anzuzünden [x]).

Auch waren es diese Mitglieder, welche sich wieder an den wichtigen Versuch, den schon Galilei über die Geschwindigkeit der Fortpflanzung des Lichts angestellt hatte, machten; sie stellten die beyden Beobachter noch einmal so weit, als Galilei gethan hatte, von einander, nämlich zwey Meilen. Allein es war ihnen eben so wenig möglich, die Geschwindigkeit des Lichts auf Zwey Meilen zu messen, als es dem Galilei war, sie auf Eine zu bestimmen [y]).

Endlich aber wurde diese wichtige Entdeckung von der allmähligen Fortpflanzung des Lichts bey Gelegenheit einiger Beobachtungen an den Finsternissen der Jupitersmonde, welche auf der Pariser Sternwarte in den Jahren 1670 bis 1676 angestellt wurden, gemacht. Olof Römer nämlich, ein Däne von angesehener Familie, welcher sich damals zu Paris aufhielt, und Dominicus Cassini hatten gefunden, daß der erste Jupitersmond nicht immer zur berechneten Zeit aus dem Schatten trat, wie denn besonders

am

x) Tentamina ed. *Musschenbroekii.* Part. II. p. 185.

y) Ibid. p. 183.

am 9ten Nov. 1676 sein Austritt um 10 Minuten später erfolgte, als es im August geschehen war, da die Erde dem Jupiter näher gestanden hatte. So verspäteten sich die Austritte immer mehr, je weiter sich die Erde vom Jupiter entfernte, und die Eintritte erfolgten von Zeit zu Zeit früher, je mehr sie sich demselben näherten.

Bey ihren anfänglichen Beobachtungen folgerten sie zuerst, daß diese Monde einer bisher nicht bemerkten Ungleichheit ihres Laufs unterworfen wären. Allein die zuletzt angeführte Beobachtung vom 9ten Nov. 1676 machte sie aufmerksamer. Sie überlegten die dabey bemerkten Umstände genauer, und machten endlich den Schluß, daß die Ungleichheit von der gegenseitigen Entfernung der Erde und des Jupiters abhange; und suchten die Ursache davon darin, daß das Licht ohngefehr 14 Minuten Zeit gebrauche, den Durchmesser der Erdbahn zu durchlaufen. Cassini, welcher seine ersten Gedanken hierüber bekannt machte, verließ diese Hypothese sogleich wieder; allein Olof Römer vertheidigte sie mit der größten Standhaftigkeit. Römers Meynung wurde auch nachher von den meisten Akademisten zu Paris angenommen. Spätere und genauere Beobachtungen haben sie aufs vollkommenste bestätigt, und gezeigt, daß seine Erklärung mit allen Erscheinungen am Himmel übereinstimmt.

Um sich eine Vorstellung von dem Beweise für die allmählige Fortpflanzung des Lichts zu machen, sey (fig. 25.) a die Sonne, bcld die jährliche Bahn der Erde, f Jupiter, hgn die Bahn des Jupitermondes, ef der Schatten des Jupiters, g der Eintritt des Mondes, und h der Austritt desselben. Befände sich nun

ge-

gerade beym Austritte des Jupitermondes aus Jupiters Schatten die Erde in b, so würde ein Beobachter auf derselben den Mond in der geraden Linie hb aus dem Schatten kommen sehen; veränderte alsdenn die Erde ihre Stelle nicht, so müßte der nämliche Beobachter auf ihr den Austritt des Mondes aus Jupiters Schatten vermöge der Berechnung nach $42\frac{1}{2}$ Stunden abermals sehen, und überhaupt bey unveränderter Lage der Erde müßte derselbe Beobachter den Austritt des Mondes aus dem Schatten nach 30 Umläufen um den Jupiter nach 30 mal $42\frac{1}{2}$ Stunden genau wieder wahrnehmen. Da aber indessen die Erde von b nach c sich fortbewegt, und daher vom Jupiter sich weiter entfernt, so folgt, daß, wenn sich das Licht wirklich allmählig fortpflanzt, der Beobachter in c den Austritt des Mondes aus Jupiters Schatten später als nach $42\frac{1}{2}$ Stunden sehen müsse als in b, weil sich noch das Licht von dem Monde um bc weiter fortpflanzen muß. Da sich nun nach Römers Beobachtung der größte Unterschied des Austritts aus dem Schatten auf 14 Minuten belief, so schloß er daraus, daß das Licht 14 Minuten Zeit gebrauche, um den Durchmesser der Erdbahn zu durchlaufen, oder 7 Minuten, um von der Sonne aus zu uns zu kommen. Dies ist nun freylich eine Geschwindigkeit, die alle auf unserer Erde bekannten Geschwindigkeiten bey weitem übertrifft, daher man sich gar nicht zu verwundern hat, daß weder Galilei, noch die Mitglieder der Akademie zu Florenz bey ihren Versuchen glücklich seyn konnten.

Zwey-

Zweytes Kapitel.

Meynungen und Entdeckungen in der Lehre von der Wärme.

Meynungen über das Wesen der Wärme.

Ich muß gleich im voraus bemerken, daß man den Ausdruck Wärme vorzüglich in dreyerley Bedeutungen gebraucht hat, und selbst noch jetzt gebraucht. Zuerst versteht man darunter die allgemein bekannte Empfindung, welche durchs Gefühl in uns entsteht, und welche mit Worten weiter nicht beschrieben werden kann. Zweytens begreift man darunter den Zustand der Körper, in welchem sie bey der Berührung die erwähnte Empfindung in uns erregen. Drittens endlich bezeichnet man mit dem Worte Wärme sehr oft das Wesen selbst, wodurch die Empfindung in uns und der Zustand der Körper verursacht wird. Von dem letztern soll hier zuerst geredet werden.

Bey Aufsuchung der Meynungen über das Wesen der Wärme findet man in keinem Gegenstande der Physik mehr Verwirrung, als eben hierin. Es giebt sehr viele Physiker, welche Wärme und Feuer nicht gehörig von einander unterscheiden, und dies geht oft so weit, daß man nicht allemal errathen kann, ob sie bloß von der Wärme, oder vom wirklichen Feuer (Licht und Wärme) reden. Einige von diesen halten wieder das Feuer für eine elementarische Substanz, und die Wärme für eine Eigenschaft derselben; andere hingegen

gen glauben, daß das Feuer gleichbedeutend mit der Wärme nichts weiter als eine Qualität der Körper sey. Noch andere Physiker behaupten, die Wärme sey eine bloße Modification des Lichts, und einige, das Licht sey eine Modification der Wärme. Wieder andere Physiker setzen das Wesen der Wärme in eine bloße Bewegung einer feinen Materie u. s. w. Bey einer solchen Verwirrung hat es also in der That seine Schwierigkeiten, die Meynungen, welche die Physiker in diesem Zeitraume von dem Wesen der Wärme gehabt haben, bestimmt anzugeben. Indessen würde es sich auch der Mühe nicht belohnen, alle diese Meynungen ängstlich aufzusuchen, da wir selbst bis jetzt in dieser Sache noch nicht aufs Reine sind. Ich werde daher nur die Meynungen der vornehmsten Naturforscher über diesen Gegenstand mit wenigen Worten berühren.

Cartesius[z]) hält die Wärme für eine Bewegung seines ersten Elements, welche, wenn sie heftig ist, das Feuer bildet. Athanasius Kircher glaubt[a]), das Feuer oder der Wärmestoff sey ein Element, welches einen wesentlichen Bestandtheil in der Mischung aller uns bekannten Körper ausmache, und dem Schwefel nicht unähnlich wäre.

Die herrschende Meynung über das Wesen der Wärme in diesem Zeitraume war diese, daß man sie für keine Substanz, sondern für eine Eigenschaft der Körper hielt, so wie schon die Peripatetiker behauptet hatten. Gleichwohl waren aber doch noch die Vorstel-

z) Princip. philosoph. lib. IV. §. 80.

a) Mundus subterraneus. Amst. 1665. fol. T. I. lib. IV. sect. I. cap. 2. coroll. I. p. 173.

stellungen, welche sich verschiedene Naturforscher von der Wärme machten, verschieden. So glaubte Isaak Vossius [b]), der Unterschied von Feuer und Wärme sey bloß in der größern oder geringern Intensität zu suchen, und betrachtete gleichwohl das Licht als eine eigene davon verschiedene Qualität. Boyle ist geneigt zu glauben, das Feuer sey eine ponderable Materie, die Wärme aber eine Qualität; die Natur der letztern setzt er, wie schon Bacon von Verulamio that, in eine bloße durch gewisse Umstände modificirte Bewegung der Theile der Körper. Vermöge seiner Erfahrung entsteht eine solche Bewegung vorzüglich unter folgenden drey Bedingungen: erstlich muß der Antrieb der Theile der Körper heftig seyn; denn eben in einem solchen heftigen Grade der Bewegung unterscheiden sich erst warme Körper von würklich flüssigen, weil er das Wesen der letztern mit Cartesius in einer beständigen Bewegung der Theile setzt; zweytens muß der Antrieb der Theile nach allen möglichen Richtungen hin sich erstrecken; denn warme Körper erwärmten von allen Seiten her; endlich drittens muß die heftige Bewegung der kleinsten Theilchen unbemerkbar seyn; denn ein Haufen Sand oder Pulver in die schnellste Bewegung versetzt, könne wegen des schon zu großen Umfanges der Körner keine Wärme hervorbringen. Diese seine Meynung sucht er durch mancherley Versuche zu bestätigen, welche freylich durch die großen Fortschritte der Physik in den neuern Zeiten weit glücklicher erklärt werden [c]).

Ueberhaupt aber wird die folgende Geschichte der Physik lehren, daß man über das Wesen der Wärme beständig

b) De lucis natura et proprietate cap. II.

c) Experimenta et obſervat. circa variar. particularium qua-

beständig gestritten hat, und daß dieser Streit noch jetzt nicht beygelegt ist.

Das Thermometer, und die freye, fühlbare oder thermometrische Wärme.

Das Drebbelsche Thermometer war noch im Gebrauche, als bereits einige Physiker bemerkt hatten, daß es auch Barometer sey. Selbst Otto von Guericke, einer von den ersten, welcher den Druck der Luft so schön bewies, führt eine Abänderung von diesem Thermometer an, von welchem er sagt, daß es die Grade der Wärme und Kälte weit bestimmter als die gewöhnlichen Thermometer zeige, und dachte nicht daran, daß auch der Druck der Atmosphäre darauf wirke [d]). Seine Einrichtung verdient bloß deßwegen angeführt zu werden, weil ich hiebey den ersten Gedanken finde, am Thermometer den natürlichen Frostpunct zur Grundlage übereinstimmender Thermometer anzunehmen, welchen man sonst gewöhnlich als eine gegen 40 Jahre spätere Bestimmung anführt. Sie besteht in folgendem: an einer kupfernen Kugel befand sich eine lange kupferne Röhre, die unten umgebogen war, und beynahe wieder bis zur Kugel senkrecht in die Höhe gieng; in diese Röhre ward eine gewisse Menge Weingeist nach Verhältniß der Capacität derselben gefüllt, worin ein kleines von allen Seiten verschlossenes Röhrchen von sehr dünnem Messingbleche, in welches so viel Bleyschrot gethan ward, daß das Ganze mit dem Weingeiste ein gleiches specifisches Gewichte hatte, schwamm. An dieses kleine messingene Röhr-

qualitatum originem. Genevae 1694. 4. de mechanica caloris origine s. productione sect. II. p. 12.

d) *Schotti* technica curiosa p. 871 it. *Guerike* experim. Magdeb. lib. III. cap. 37. p. 122.

Röhrchen, ward ein in Wachs getränkter Faden befestigt, der aus der kupfernen Röhre heraus über eine Rolle, die über der Oefnung der Röhre sich befand, gieng, und am andern Ende eine kleine aus feinem Messingbleche gemachte Figur mit ausgestreckten Armen nach der kupfernen Röhre herabhangen ließ. Die kupferne Röhre selbst war in einem hohlen dreyeckten Prisma verschlossen, und man bemerkte blos, daß die kleine Figur mit ihren Armen die verschiedenen Grade der Wärme und der Kälte zeigte. Die kupferne Kugel hatte zur Seite ein Ventil, um aus ihr so viel Luft ausziehen zu können, daß die kleine am Faden herabhangende Figur einen gewissen bestimmten Grad zeigte. Um nun bey verschiedenen solchen Instrumenten auch übereinstimmende Grade der Wärme oder Kälte zu haben, richtete er seine Skale so ein, daß gerade zu der Zeit, da die Nachtfröste eintreten oder es früh reifet, die kleine Figur auf die Mitte der Skale weiset. An die Kugel dieses Thermometers hatte Otto von Guericke mit großen Buchstaben die Worte: *perpetuum mobile*, mahlen lassen. Als perpetuum mobile benutzte auch Becher[e]) das Drebbelsche Thermometer. Seine Einrichtung war der des Otto von Guerike vollkommen gleich, nur daß er das Thermometer mit Quecksilber gefüllt, und das Ende des Fadens, welches bey Guericken die kleine Figur hielt, mit dem Pendel einer Uhr verbunden hatte.

Die Mitglieder der Akademie zu Florenz verfertigten Thermometer, welche schon mehr Vollkommenheit

e) De nova temporis dimetiendi ratione et accurata horologiorum constructione ad societ. Reg. Anglic. Lond. 1680. 4.

heit, als die Drebbelschen, besaßen, indem der Druck der Atmosphäre bey ihnen keinen Einfluß hatte, wie bey den Drebbelschen [f]). Sie füllten nämlich die gläserne Röhre (fig. 26.) ab, die sich unten in eine kleine Kugel bcd endigte, mit gefärbtem Weingeist ohngefähr bis zum vierten Theile der Röhre an; hiernächst erwärmten sie die Kugel im heissen Wasser so lange, bis der Weingeist in der Röhre ganz in die Höhe stieg, und versiegelten sodann das Ende derselben hermetisch. Auf solche Art steigt der Weingeist bey zunehmender Wärme höher über die Oberfläche e, und sinkt dagegen in der Kälte tiefer herab. Die Stelle, wo h in einer gemäßigten Wärme, z. B. in einem tiefen Keller, stand, bezeichneten sie mit Null, und theilten über und unter dieser Stelle willkührliche Theile ab, wovon jene die Grade der Wärme, und diese die Grade der Kälte genannt wurden. Von dieser Art hatten die Akademisten zwey Thermometer verfertigt, die nur in Ansehung ihrer Größe von einander verschieden waren; das größere hatte eine Eintheilung von 100, das kleinere aber eine von 50 Graden. In dem erstern stand der Liquor beym Froste auf 20, und bey der größten Sonnenhitze zu Mittage mitten im Sommer auf 80, in dem kleinern aber bey eben diesen Temperaturen auf $13\frac{1}{2}$ und 40. Mit diesen beyden Arten von Thermometern haben diese Akademisten ihre meisten Versuche und Beobachtungen angestellt.

Ausser diesen beyden Arten von Thermometern haben sie noch andere aber minder vollkommene verfertigt, welche in weiter keinem Gebrauch gekommen sind, und nicht angeführt zu werden verdienen.

Wenn

f) Tentamina, ed. *Musschenbroekii*. P. I. p. 2. sqq.

Wenn aber auch gleich die Florentinischen Thermometer eine größere Vollkommenheit als die Drebbelschen besaßen, indem sie die Veränderung der Wärme ganz richtig anzeigten, so hatten sie doch noch große Mängel; denn verschiedene solcher Thermometer zeigten bey einerley Wärme nicht einerley Grade, und waren daher nach der Sprache der neuern Physiker keine übereinstimmende oder vergleichbare Thermometer. Wenn z. B. jemand sagte, sein Thermometer zeige den 12ten Grad Wärme, so war dies eigentlich gar nichts gesagt; denn es konnte niemand wissen, welche Sprache sein Werkzeug führe, und ob nicht ein anderes bey der nämlichen Wärme einen ganz andern Wärmegrad zeigte. Erst in der Folge, da man so glücklich war, gewisse feste Punkte an den Thermometern festsetzen zu können, wurde diesen Mängeln abgeholfen.

Die Wärme, welche aufs Thermometer wirkt, war auch in diesem Zeitraume noch die einzige, die man betrachtete, indem man ganz allgemein die Meynung hatte, daß alle unmittelbare Wärme durch Reibung der Theile an einander entstehe. Man hätte sich von der Unrichtigkeit dieser Meynung sehr leicht überzeugen können, wenn man die Erscheinungen, welche sich bey Mischungen verschiedener Körper in Ansehung der Wärme zeigen, genauer geprüft hätte. So wußte man schon lange, daß Auflösungen der Metalle und der Alkalien in Säuren Hitze erregen, und die Florentiner Akademisten, so wie Robert Boyle, hatten noch mehrere Versuche dieser Art angestellt, wobey sie zum Erstaunen oft nicht allein keine Wärme, sondern vielmehr eine Kälte wahrnahmen. So fanden sie z. B. daß Salmiak in reinem Wasser aufgelöset eine starke

Kälte zuwege brachte; bey dieser Auflösung mußte doch nothwendig auch eine Reibung der Theile statt finden, und gesetzt auch, man wollte hiebey gar kein Reiben annehmen (welches doch das geringste ist, was geschehen kann), so müßte die Mischung weder wärmer noch kälter werden, als vorher die unvermischten Körper waren. Woher käme also die Erkältung? Erst in den neuern Zeiten hat man sich von allen diesem richtigere Vorstellungen gemacht.

Die Florentiner Akademisten [g]) waren die ersten, welche beobachteten, daß ausser den Alkalien und Säuren auch andere Körper mit einander vermischt eine größere Wärme, als sie vor der Mischung hatten, erzeugten, und sogar bisweilen eine stärkere Kälte hervorbrächten. Ihre Versuche verdienen vorzüglich deßwegen angeführt zu werden, weil sie zur Anstellung mehrerer dergleichen Anlaß gaben. Sie fanden, daß Vitriolöl mit allen Liquoren vermischt oft eine solche beträchtliche Hitze hervorbringt, daß man die Mischung ohne Verletzung nicht mehr mit der Hand halten kann; nur Oel und Weingeist gaben mit Vitriolöl keine Wärme; ersteres erlitt sogar in seiner Natur gar keine Aenderung, und letzterer wurde entweder gar nicht, oder nur unmerklich geändert. Dagegen führen sie als einen sehr bekannten und merkwürdigen Versuch an, daß Salpeter im Wasser aufgelöset das letztere sehr kalt mache, und daß Ammoniak in gehörigem Verhältnisse in selbigem eine solche Kälte hervorbringe, daß Wasser mittelst des Eises beträchtlich erkaltet in einem dünnen gläsernen Gefäße in jener Mischung zum Gefrieren gebracht werden könne. Sie vermischten

g) Tentamina etc. ed. *Musschenbroekii* P. II. p. 130. sq.

ten $\frac{1}{3}$ Ammoniak mit $\frac{2}{3}$ Vitriolöl, und beobachteten, wie sie sich ausdrücken, eine der seltensten Wirkungen; denn als sich das Ammoniak in dem Vitriolöl auflösete, entstand ein Dampf und ein heftiges Aufbrausen, welches durchs Umrühren mit einem hölzernen Stocke noch stärker wurde; nachher erhob sich die ganze Mischung in einen Schaum, welcher bisweilen einen Raum einnahm, der 50 mal größer als derjenige war, den beyde zusammen vor der Mischung einnahmen. Bey diesem Vorgange aber bemerkten sie nicht nur keine Wärme, sondern mit Verwunderung eine Kälte, so daß selbst das Glas, in welchem die Mischung enthalten war, beträchtlich kalt wurde, und der Weingeist eines in der Mischung versenkten Thermometers sehr schnell herabsank, bis das Aufbrausen nachließ, und das Vitriolöl in seinen vorigen Zustand zurückkehrte. Wenn sie gerade zu der Zeit, da das stärkste Aufbrausen statt fand, einige Tropfen Weingeist oder Vitriolgeist in die Mischung fallen ließen, so hörte sogleich das Aufbrausen auf, und die Mischung erhitzte sich. Brachten sie zur Mischung Weinsteinöl, so entstand Wärme, es stieg ein Rauch auf, und sie ward erhitzt; fügte man hiezu etwas Schwefelgeist, so wurde die Mischung sogleich wieder kalt.

Vorzüglich merkwürdig schien ihnen dies zu seyn, daß Vitriolöl mit allen übrigen Liquoren fühlbare Wärme hervorbrächte, nur mit dem Oele und Weingeiste nicht; so wie auch das Ammoniak in allen Liquoren aufgelößt Kälte erzeuget, ebenfalls nur im Oele und Weingeiste nicht, auf welche es allein keine Wirkung zeigt. Wenn aber Vitriolöl und Ammoniak mit einander vermischt werden, so erfolgt die erwähnte starke mit Aufbrausen begleitete Kälte.

Mehrere Versuche dieser Art hat nachher Boyle[h]) angestellt, so wie auch D. Hooke[i]) einiges hieher gehörige versucht hat. Der erste aber, welcher Mischungen von verschiedenen sich auflösenden Körpern im luftleeren Raume veranstaltete, war der schon oft angeführte Huygens[k]). Seine Resultate gaben eben dasselbe, nur in einigen Fällen etwas andere Wirkungen, als in der freyen Luft.

Becher[l]) zeigte ferner zuerst, daß Vitriolöl und Terpentinöl im gehörigen Verhältnisse mit einander vermischt so erhitzt werden, daß die Mischung in Flamme ausbricht, und Olaus Borrichius[m]) entdeckte im Jahre 1571 die Entzündung des Terpentinöls mit der Salpetersäure.

Man kann sich leicht vorstellen, daß ein Mann, wie Boyle war, es nicht unterlassen würde, einen Versuch im luftleeren Raume anzustellen, ob darin wirklich durchs Reiben zweyer fester Körper an einander fühlbare Wärme erregt werde, besonders da man zu seiner Zeit lehrte, daß die Wärme zweyer an einander geriebener harter Körper blos durchs heftige Reiben der dazwischen liegenden Luft erzeugt werde. Er fand aber, wie er auch schon vorher vermuthet hatte, daß sich wirklich Wärme im luftleeren Raum auf solche Art entwickele. Auch machte er mit lebendigem Kal-

h) Experimenta et notae circa caloris et frigoris originem.

i) Philosoph. Transact. n. 119.

k) Ibid.

l) Physica subterranea.

m) *Thom. Bartholini* acta med. et Philos. Hafniensia 1671. obs. 71.

Kalke im luftleeren Raume einen Versuch, um zu erfahren, ob dieser sich darin eben so gut, wie in der freyen Luft, löschen lasse. Zu dem Ende machte er zuerst eine Quantität Wasser luftleer, und brachte darin einige Stücke lebendigen Kalks, hier sahe er eine ausserordentliche Menge Blasen aufsteigen, und den Kalk mit der größten Vehemenz und starker Hitze sich auflösen [n]).

Uebrigens waren in diesem Zeitraume die Thermometer noch viel zu unvollkommen, um durch sie auf Gesetze geleitet zu werden, welche die freye Wärme bey ihrer Umherstrahlung und Mittheilung befolgt. Auch scheinen sich die damaligen Naturforscher noch nicht viel darum bekümmert zu haben, so wie denn die Kenntnisse von der Wärme noch viel zu gering waren, um darin nur einiger Maassen glücklich zu seyn. Man war schon zufrieden, die Zu- und Abnahme der freyen Wärme an mancherley Körpern mittelst des Thermometers zu beobachten. Ueberdies waren noch zu viel Vorurtheile zu besiegen, welche die Fortschritte in dieser Lehre ungemein hinderten.

Daß es bey der fühlbaren Wärme blos auf Relation ankomme, hatte bereits Bacon von Verulamio gelehrt, so wie auch, daß die Kälte nichts weiter als Abwesenheit der Wärme, mithin nichts positives, sondern etwas negatives sey. Dagegen wurden verschiedene Physiker dieses Zeitraumes durch mancherley Wirkungen der Kälte, sonderlich beym Gefrieren

n) Experimentor. physico-mechanicor. contin. I. exp. XLV. XLVI.

ren des Wassers veranlaßt, sich ganz eigene Vorstellungen von der Kälte zu machen, welche des Zusammenhanges wegen in dem Kapitel, das von den Meynungen und Entdeckungen in der Lehre vom Wasser handelt, angeführt werden sollen.

Wirkung der Wärme auf die Körper.

Ueber die erste Wirkung der Wärme, welche in der Ausdehnung der Körper in einen größern Raum besteht, haben die Florentiner Akademisten einige Versuche angestellt, um eine besonders damals behauptete Meynung einiger Physiker über die Ursache gewisser Phänomene zu bestätigen. Sie füllten nämlich eine gläserne Kugel mit einem in sehr kleine Theile getheilten engen langen Halse, mit einem Liquor so weit an, daß gegen $\frac{5}{8}$ der Länge des Halses leer blieb; hierauf brachten sie diese in warmes Wasser, sogleich sank der Liquor in der gläsernen Kugel merklich herab, blieb eine Zeitlang ruhig, und erhob sich plötzlich wieder auf den nämlichen Grad, wo er stand, ehe die Kugel ins warme Wasser gebracht ward; hiernächst aber stieg er allmählig höher, bis er mit dem Wasser einen gleichen Grad Wärme erreicht hatte. Gerade das Gegentheil fand statt, wenn die Kugel in kaltes Wasser getaucht ward; anfänglich stieg nämlich der Liquor merklich hinauf, blieb eine Zeitlang stille stehen, und sank alsdann plötzlich wieder auf den vorigen Grad; hiernächst aber fiel er allmählig immer tiefer herab, bis er mit dem Wasser einen gleichen Grad der Kälte erreicht hatte. Den Grund von der Erscheinung, daß der Liquor im warmen Wasser anfänglich merklich herabfiel, und im kalten merklich hinaufstieg, suchten nun einige damalige Physiker darin, daß sie meinten, die flüchtigen Feuertheile, welche aus dem warmen Wasser

ser davon gehen, drängen in die Poren der Aussenseite des Glases, trieben gleichsam wie kleine Keile die soliden Theile des Glases von einander, und verursachten dadurch, daß der innere Raum der Kugel etwas erweitert werde, noch ehe sie durch die verborgenen Gänge des Glases zu dem Liquor in selbigen kämen, so wie die Kälte die Poren zusammen ziehe, wodurch der innere Raum der Kugel enger werde. Ihre Meynung war also eigentlich diese, die Wärme dehne zuerst das Glas aus, ehe sie noch auf den Liquor wirke, wodurch das innere Volumen der Kugel etwas erweitert werde, so daß also der Liquor anfänglich herabsinken müsse; gerade das umgekehrte aber finde bey der Kälte statt [o]). Diese Meynung schien durch folgenden Versuch die größte Wahrscheinlichkeit zu erhalten. Sie brachten mehrere kleine hohle gläserne Kügelchen in ein mit Wasser angefülltes gläsernes Gefäß von eben beschriebener Gestalt; diese kleinen Kügelchen hatten wegen der eingeschlossenen Luft ein mit dem Wasser beynahe gleich specifisches Gewicht, so daß einige auf dem Wasser schwammen, andere aber zu Boden fielen. Nachdem sie nun diesen Apparat an einem ruhigen Orte in der Luft aufgehangen hatten, brachten sie den untern Theil der Kugel durch Annäherung einer Schüssel theils in warmes, theils in kaltes Wasser, welches letztere mit geschabtem Eise untermischt war; der Erfolg war dieser: ward der untere Theil der Kugel in heisses Wasser getaucht, so fiel das Wasser in der Kugel, wie vorhin angeführt ist, anfänglich merklich herab, und kam kurze Zeit darauf schnell auf den vorigen Grad der Wärme zurück, fieng hiernächst zu stei-

o) Tentamina etc. ed. *Musschenbroekii* P. II. p. 3.

steigen an, und erst während dieses Steigens sanken die kleinen schwimmenden Glaskügelchen auf den Boden der Kugel; ward hingegen der untere Theil der Kugel in kaltes Wasser gebracht, so fand gerade das Gegentheil statt; anfänglich stieg das Wasser in dem engen Halse der Kugel merklich hinauf, fiel hiernächst nach einiger Zeit plötzlich auf den vorigen Grad herab, und sank nun allmählig noch tiefer, und eben erst bey diesem Sinken erhoben sich die auf dem Boden liegenden Kügelchen, und wurden schwimmend. Hieraus, sagen die Akademisten, folge nun sehr wahrscheinlich, daß die allererste Bewegung des Wassers oder anderer Liquoren keinesweges von der Veränderung der Liquoren selbst abhange, sondern blos darin ihren Grund habe, daß die gläsernen Gefäße durch die Wärme ausgedehnt, durch die Kälte aber zusammengezogen würden. Es könnte aber, sagen sie ferner, eingewendet werden, daß der Grund der anfänglichen Bewegungen der Liquoren in der Kugel allerdings in ihrer innern Veränderung liege, welche zwar in einer solchen dünnen Röhre, wie der Hals der gläsernen Kugel sey, dem Auge bemerkbar, aber doch noch nicht so groß sey, daß sie einen Einfluß auf das veränderte Gleichgewicht der kleinen Glaskügelchen haben könne; daher man wohl der Meynung seyn könnte, daß gleich anfänglich die Kügelchen wirklich, aber so gering bewegt würden, daß es nicht sogleich in die Augen falle. Allein sie erwiedern auf diesen Einwurf ganz richtig, daß schon die Ausdehnung und Verdichtung des Wassers durch die Wärme und Kälte mehr als hinreichend sey, das Gleichgewicht zwischen dem Wasser und der in diesem befindlichen Glaskügelchen zu stören. Sie erklärten also diese Phänomene ganz richtig so: in dem ersten Augenblicke, da der untere Theil der Glaskugel ins

war-

warme Wasser gebracht wird, dehne die Wärme das Glas aus, noch ehe sie auf das Wasser in der Kugel wirke, daher werde der innere Raum der Kugel etwas größer, und das noch unverändert gebliebene Wasser müsse daher merklich herabsinken; nach und nach theile sich aber auch die Wärme dem Wasser mit, dehne dieses aus, und verursache dadurch, daß es zum Steigen gebracht werde; da aber indessen diese Wärme auf das Glas der kleinen in dem Wasser schwimmenden Kügelchen noch nicht wirke, so müßten sie natürlich deßwegen sinken, weil nun wegen der größern Ausdehnung des Wassers sein specifisches Gewicht geringer, als das der schwimmenden Kügelchen werde. Bey der Kälte aber erfolge gerade das Gegentheil p).

Um zu beweisen, daß das Glas und Metall wirklich durch die Wärme ausgedehnt werden, haben die Florentiner Akademisten noch einige andere merkwürdige Versuche angestellt. Unter andern nahmen sie eine hohle gläserne in der Rundung zusammengeschmolzene Röhre, deren Durchmesser eine Elle betrug, und auf welcher zwey diametral entgegengesetzte gläserne Trichter befindlich waren, so daß aus dem einen leicht die Luft herausgieng, wenn durch den andern Wasser oder sonst ein Liquor in die Röhre gefüllt wurde. Zwischen dem innern Umfange dieser Röhre brachten sie ein aus zweyen in der Mitte zusammengefügten Stäbchen gemachtes Kreuz so an, das es kaum denselben berührte. Hiernächst füllten sie diese Röhre mit heissem Wasser an, und sahen ganz augenscheinlich, daß, als sie sich ausdehnte, das zwischen ihr befindliche Kreuz nicht mehr gehalten ward, und herabfiel, welches offenbar eine Ausdehnung in einen größern Raum be-

p) Tentamina etc. ed. *Musschenbroekii* p. 5.

bewies. Nachher füllten sie auch die Röhre mit Wasser von geschmolzenem Eise, das mit Salz vermischt war, und brachten das Kreuz wieder zwischen ihren innern Umfang; hier fiel das Kreuz nicht nur nicht herab, sondern wurde vielmehr weit fester von der Röhre gefaßt q).

So richtig nun auch die Florentiner Akademisten die Einwirkung der Wärme auf das Glas und Metall durch gut gewählte Versuche bestimmten, so blieben ihnen doch noch manche Phänomene, wo Wärme zugegen ist, unerklärbar und unbegreiflich. Man hatte nämlich beynahe ganz allgemein behauptet, daß Wärme und Kälte bloße Qualitäten der Körper wären. Dieser Voraussetzung gemäß nahmen verschiedene Physiker damaliger Zeit an, daß, wenn eine von beyden Qualitäten auf eine Materie wirke, die ihr entgegengesetzte in selbiger gleichsam aufwache und sich thätig erweise; wie z. B. wenn Wärme auf Wasser wirkt, so zeige sich auch sogleich die dem Wasser anhangende entgegengesetzte Qualität, die Kälte, thätig, und condensire daher selbiges in dem Momente. Man drückte dies durch den Nahmen antiperistasis aus. Gewöhnlich wurden die vorhin angeführten Erscheinungen der anfänglichen Bewegungen der Liquoren in der gläsernen Kugel auf diese Art erkläret, welche aber die Florentiner Akademisten richtiger von der Veränderung des Glases durch die Einwirkung der Wärme und der Kälte ableiteten. Um nun zu erfahren, ob die antiperistasis wirklichen Grund habe, stellten die Mitglieder folgenden Versuch an; sie füllten ein bleyernes Gefäß mit klein zerstoßenem Eise an, und versenkten darin ein in 50 Grad getheiltes Thermometer

q) Tentamina etc. p. 8.

meter, welches in der Ruhe ohngefähr $13\frac{1}{2}$ Grad zeigte. Hierauf brachten sie diesen Apparat in eine Schüssel; welche siedendes Wasser enthielt, und beobachteten das Thermometer, ob es durchs Herabsinken eine Spur einer größern Kälte zeige, indem auf das Eis rund herum die der Kälte entgegengesetzte Qualität, die Wärme, wirke. Der Erfolg war aber keineswegs für die antiperistasis, denn sie bemerkten, so vielmal sie auch diesen Versuch wiederholten, daß sich der Stand des Thermometers auch um kein Haar breit änderte. Brachten sie umgekehrt ein Gefäß mit siedendem Wasser, in welchem ein Thermometer versenkt war, in eiskaltes Wasser, so bemerkten sie ebenfalls kein Steigen des Weingeistes im Thermometer, vielmehr schien er hier desto schneller herabzufallen, je mehr die Wärme des heissen Wassers durch die umgebende Kälte des Eises abnahm [r]). Indessen waren sie nicht im Stande, einen Grund von diesen Erscheinungen anzugeben. Sie verfielen nicht darauf, daß im ersten Falle die Wärme des siedenden Wassers erst darauf verwendet werden müsse, um das Eis im bleyernen Gefäße zu schmelzen, ehe sie auf das Thermometer wirken könne.

Ferner brachten sie an die Arme einer genauen und empfindlichen Wage zwey gleich schwere Stahlstäbchen, deren eines warm, das andere aber kalt war, hier schien das erstere leichter geworden zu seyn; wenn sie aber nachher eine glühende Kohle oder ein glühendes Eisen dem kalten Stahlstäbchen nahe brachten, so stellte sich das Gleichgewicht sogleich wieder her. Dieser nämliche Erfolg hatte statt, die Stäbchen mochten überhaupt von einem Metalle seyn, von welchem

r) Tentamina etc. p. 129.

welchem man wollte; denn wenn dem einen Arme der Wage eine glühende Kohle von oben her genähert ward, so erhob er sich, brachte man aber die glühende Kohle von unten gegen den Arm, so neigte er sich nieder. Keiner von den Mitgliedern war indessen der Meynung, daß eine einfache Erwärmung die gewöhnliche Schwere des Metalles nur im geringsten abändern könne, vielmehr glaubten einige, daß bey diesem Phänomene der Druck der Luft nicht weniger als irgend eine andere Ursache Theil habe [s]). — Es ist wirklich zu verwundern, daß die Akademisten den wahren Grund dieser Erscheinungen übersehen konnten, da sie doch so schön bewiesen hatten, daß die Wärme die Körper ausdehne. Das heisse Stahlstäbchen nahm nämlich einen größern Raum, als das kalte ein, mithin mußte es mehr Luft aus der Stelle vertreiben, als letzteres, und dieses erhielt nothwendig ein Uebergewicht. Ward hingegen eine glühende Kohle von oben her gegen den einen Arm des Wagebalkens gehalten, so ward daselbst dadurch die Luft verdünnt, und folglich das Gleichgewicht aufgehoben, welches ebenfalls geschah, wenn man die Kohle unterhalb des Armes der Wage hielt.

Daß bey gehöriger Einwirkung der Wärme die festen Körper endlich in den Zustand der Flüssigkeit versetzt werden, oder schmelzen, so wie die geschmolzenen Materien durch Entziehung der Wärme in ihren vorigen festen Zustand wieder zurückkehren, oder daß sie gestehen, war längst bekannt. Boyle gedenkt hiebey schon an verschiedenen Stellen der Meynung, als einer sehr wahrscheinlichen, die in den neuern Zeiten allgemeiner geworden ist, daß das Gefrieren und Geste-

s) Tentamina etc. p. 128.

Gestehen der flüssigen Körper einerley Phänomen sey, und daß die Festigkeit und Flüssigkeit als bloße vom Grade ihrer Wärme abhangende Zustände zu betrachten wären; nur irrte er darin, daß er meinte, die Theile eines geschmolzenen Körpers wären in beständiger Bewegung, welche sich beym Gestehen wieder zur Ruhe begäben.

Von der merkwürdigen Wirkung der Wärme, verschiedene Körper zuletzt in Dampf aufzulösen, haben sich die Physiker dieses Zeitraums verschiedene Vorstellungen gemacht. Darin waren sie alle einig, daß die Wärme als das vorzügliche Agens bey der Verwandlung der Körper in Dämpfe zu betrachten sey, nur blieb ihnen die Schwierigkeit übrig, auf welche Art die Körper so getheilt werden könnten, daß sie in der Luft, als einer leichtern Materie aufsteigen, und eine längere oder kürzere Zeit schwebend erhalten werden könnten. Cartesius t) sucht sich aus dieser Schwierigkeit so zu helfen: die feine Materie, welche sich beständig durch die Poren der Körper hindurch bewege, werde durch Einwirkung der Wärme die kleinsten Theile derselben weit heftiger reizen, und dieselben, wenn sie sich von den übrigen leicht trennen lassen, mit sich fortreissen, und auf solche Art in die Atmosphäre bringen, nicht etwa, weil sie dahin ein natürliches Bestreben hätten, oder durch die Anziehung der Sonne erhoben würden, sondern weil kein anderer Ort für sie zu finden wäre, wohin sie ihre Bewegung mit größerer Leichtigkeit fortsetzen könnten. Zur Erläuterung führt er folgendes Beyspiel an: wenn ein Wanderer mit seinen Füßen den Staub auf der Erde vor sich hertreibe, so sähe man diesen sichtbarlich in der

t) Meteoror. cap. II.

der Luft aufsteigen, obgleich seine Theile die Theile der Dünste oder Dämpfe nicht allein an Größe, sondern auch am Gewichte bey weitem überträfen; überdem nähmen wir wahr, daß er sich desto höher in die Luft erhebe, wenn eine weite Ebene von mehreren Menschen durchwandert würde, als wenn nur ein einziger sie beträte. Es sey daher gar nicht zu verwundern, wenn durch Einwirkung der Sonnenwärme die allerkleinsten Theile einer Materie, aus welchen die Dämpfe oder Dünste zusammengesetzt wären, in die höhern Luftregionen geführt würden, da die Sonne die ganze Hälfte der Erde zugleich auf einmal beleuchte, und den ganzen Tag über auf sie wirke.

Dechales [u]) suchte schon diese Erklärung zu widerlegen, und dagegen zu zeigen, daß gedachte Schwierigkeit auf eine dreyfache Art gehoben werden könnte. Zuerst meint er, derjenige könne die ganze Sache sehr leicht abthun, der da glaube, daß das durch die Wärme verdünnte Wasser in einen größern Raum ausgedehnt werde; denn wenn ein Wassertheilchen, welches eine gewisse Schwere besitze, z. B. den tausendsten Theil eines Pfundes, durch die Wirkung der Wärme so verdünnt werde, daß es einen größern Raum als eine gleichwiegende Luftmasse einnehme, so müsse es nach hydrostatischen Gesetzen in der atmosphärischen Luft aufsteigen. Wenn dagegen zweytens jemand läugnen wollte, daß irgend ein Körper in einen größern Raum ausgedehnt werden könne, sondern sich vielmehr die Vorstellung mache, daß die Wassertheile durch die Wärme sehr weit von einander getrennt würden,

u) Tract. de meteoris, in mundo mathemat. T. IV. Lugd. 1690. fol. p. 669.

den, und eine feine Materie ohne alle Schwere sich dazwischen begebe, welche denjenigen Raum einnehme, den die übrigen Körper verließen, so sey es nicht schwer zu begreifen, daß auf solche Art ein verdünnter Körper an Umfang zwar zunehme, aber beständig einerley Gewicht behalte. Nun könne dieser verdünnte Körper eine solche Menge von der feinen Materie aufnehmen, daß er eine gleichwiegende Luftmasse an Umfang übertreffe, daher er wiederum vermöge hydrostatischer Gesetze aufsteigen müsse. Was endlich die dritte ebenfalls nicht unwahrscheinliche Meynung betreffe, so gründe sich diese darauf, daß das Wasser schwerer als die Luft, die Luft aber schwerer als das Feuer sey. Indem nun das Wasser durch die Wärme verdünnt werde, vermischten sich mit ihm Feuertheile (spiritus ignei), und zwar in solcher Menge, daß das Aggregat der Wassertheilchen, und der ihnen beygemischten Feuertheilchen specifisch leichter als die Luft werde, und folglich in ihr so lange aufsteige, bis es in eine Luftschicht komme, die mit ihm ein gleiches specifisches Gewicht besitze.

Eine Menge anderer Physiker glaubten mit den Peripatetikern, die Feuertheilchen besäßen eine positive Leichtigkeit. Verbänden sich alsdenn diese mit den fein zertheilten Theilchen der Körper, so würden diese dadurch specifisch leichter als die Luft, mithin triebe diese die zertheilten Theilchen in die Atmosphäre hinauf. Allein schon Alphonsus Borellus wiederlegte diese bereits von Aristoteles behauptete Meynung von der Existenz der Materie von positiver Leichtigkeit sehr gut. Vielmehr glaubt er, daß sich diese Sache so erklären lasse: das Feuer sey specifisch leichter als die Luft, vermische es sich also mit den getrennten

Theilchen der Körper, so könnten schon diese dadurch leichter als die Luft werden, und müßten daher durch den stärkern Druck derselben in die Höhe steigen v). Die Mitglieder der Akademie zu Florenz bewiesen ebenfalls durch ein Paar sehr gut gewählte Versuche das Ungereimte in der Behauptung der Materie von positiver Leichtigkeit, und sie scheinen sich von dem Aufsteigen der Dämpfe in der Atmosphäre die nämliche Vorstellung, wie Borellus, gemacht zu haben w).

Auch Boyle x) stellte einen Versuch an, um zu untersuchen, ob die Dämpfe oder Dünste vielleicht vermöge eines Triebes von positiver Leichtigkeit in die Atmosphäre erhoben würden, oder ob sie, durch die Wirkung der Wärme einmal in die Luft erhoben, vielmehr von dieser erhalten, und in ihrem Aufsteigen befördert würden? Denn er sagt, da die untern Luftschichten viel dichter als die obern wären, so würden auch die Dämpfe ihre Bewegung weit leichter hinaufwärts als herunterwärts fortsetzen und in der Luft schwebend erhalten werden können; eben so wie die Salztheile im Meerwasser durch dasselbe erhalten würden, ohne auf den Grund zu sinken. Zu dem Ende nahm er einen stark rauchenden Liquor, und brachte ihn in einen luftleeren Raum; anfänglich stiegen die Dämpfe gerade in die Höhe, senkten sich aber bald niederwärts, und fielen zu Boden, da sie im Gegentheil in der freyen Luft beständig aufstiegen, und in ihr sich zerstreueten.

Auch

v) De motionibus naturalibus a gravitate pendentibus. Lugd. Bat. 1686. 4. cap. IV.

w) Tentamina edit. *Musschenbroekii*. P. II. p. 69.

x) Nova experimenta physico-mechanica de vi aëris elastica. exp. XXIX.

Auch wurde schon in diesem Zeitraume entdeckt, daß der Druck der Atmosphäre auf die Siedhitze der Flüssigkeiten einen großen Einfluß habe. Den ersten Versuch mit Wasser, Olivenöl, Terpentinöl und Wein finde ich bey Boyle [y]). Dieser hatte nämlich zuförderst Wasser eine Zeitlang kochen lassen, um die darin enthaltene Luft fortzuschaffen; hiernächst brachte er einen Theil dieses noch nicht kalt gewordenen Wassers in einer gläsernen Phiole unter einem kleinen Recipienten seiner Luftpumpe; nach einigen Auszügen fieng das Wasser in der Phiole, zu seiner und der gegenwärtigen Personen Verwunderung, so heftig zu kochen an, daß ein großer Theil aus ihr herauslief. Nachdem nun dieses Sieden eine Zeitlang gedauert hatte, wurde ein oftmals wiederholtes Exantliren erfordert, ehe das Wasser wieder zum Kochen gebracht werden konnte. Wollte er aber haben, daß das Wasser ohne fernere Ausziehungen wieder kochen sollte, so mußte es erwärmt werden. Nahm er hingegen einen andern Theil von eben demselben gekochten aber bereits kalt gewordenen Wasser, und brachte es unter die Luftpumpe, so konnte er dies nie zum Sieden bringen, so lange auch die Maschine im Gange war. Diesem Versuche zu Folge sagt Boyle, docemur inde aërem pro fortiori vel debeliori pressione plurimum posse modificare (ut loquuntur scholastici) multas operationes, vehementis tumultuosaeque agitationis parvarum in corporibus particularum, in qua natura caloris praecipue si non omnino videtur consistere, adeo ut si calefactum corpus

y) Nova experim. physico-mechanica de vi aëris elastica. exp. XLIII.

pus supra atmosphaeram extolleretur, veresimile est calorem aliam habiturum esse operationem, quatenus ad potentiam ipsius partes dissipandi, quam qua hic infra praeditus est. Dieser Versuch zeigte also offenbar, daß beym verschiedenen Drucke der Atmosphäre auch der zum Sieden des Wassers gehörige Wärmegrad verschieden ist, wiewohl Boyle dies hieraus noch nicht mit ausdrücklichen Worten schloß.

Einige Jahre hierauf erwähnt Huygens [z]) schon bestimmter eines Versuchs, da Wasser und Weingeist in luftleeren Gefäßen bey sehr geringer Wärme kochten. Diesen Versuch scheint Papin um das Jahr 1673 angestellt zu haben [a]). Es kochte das Wasser an einer Lichtflamme eine Viertelstunde lang, ohne daß das Glas mehr als lauwarm ward.

Thierische Wärme.

Ueber den Ursprung der Wärme, welche die warmblütigen Thiere, so lange sie leben, aus sich selbst hervorbringen, sind die Meynungen der Aerzte und Naturforscher verschieden gewesen. Cartesius [b]), Gassendi [c]) und andere glaubten noch mit den Alten, daß dem Herzen eine natürliche Wärme (calor insitus) zukomme, die das Blut erhitze. Indessen hatten schon die Chemiker angefangen, die Wärme des Bluts von Effervescenzen oder Gährungen abzuleiten. So betrachtete van Helmont die Mischung des Schwefels mit dem flüchtigen Salze, Sylvius de

z) Pneumatical experiments by Mr. *Papin*, directed by Mr. *Hugens* in Philos. Transact. n. 122. p. 544.
a) Nouvelles experiences du vuide. Paris 1674. 4.
b) De homine p. 5. de format. foetus p. 69.
c) Opp. T. II. p. 311.

de le Boë die Mischung des dem Körper eigenthümlichen urinösen Bluts mit der Säure des Nahrungssaftes als Ursache eines mit Hitze begleiteten Aufbrausens. Noch andere glaubten im Blute saure und alkalische Substanzen zu finden, um daraus ein beständiges Aufbrausen desselben herzuleiten. Dagegen hielten es andere für glaublicher, die thierische Wärme in der Bewegung des Bluts und in dem dadurch entstehenden Reiben zu suchen. Man hat beyderley Meynungen durch verschiedene Gründe zu unterstützen gesucht, welche aber erst in der folgenden Periode angeführt werden können.

Drittes Kapitel.

Entdeckungen in der Lehre von den Gasarten.

Die chemischen Entdeckungen blieben in diesem ganzen Zeitraume, so wie noch in einer langen Reihe von Jahren der folgenden Periode, von der eigentlichen Physik gänzlich ausgeschlossen. Der Grund davon lag vorzüglich darin, daß noch kein einziger daran gedacht hatte, die Chemie in eine wissenschaftliche Form zu bringen, und die Physiker, welche größtentheils große Mathematiker waren, noch nicht so einleuchtend erkannten, wie jetzt, was für eine wichtige Rolle die chemischen Operationen in der Natur spielen. Daher fielen auch ihre Lehren von der Wärme, dem Feuer, dem Wasser und der Luft, ausser ihren mechanischen Eigenschaften, sehr dürftig aus. Erst in den neuesten Zeiten, da man nach Entdeckung der

Luftarten den großen Einfluß derselben auf die wichtigsten physischen Lehren erkannte, fieng man an, die Chemie mit der Naturlehre näher zu verbinden. Ob also gleich die in diesem Zeitraume bemerkten Gasarten noch keinesweges als Gegenstände der Physik aufgeführt wurden, so gehören sie doch eben wegen ihrer Wichtigkeit hieher, und ich halte es daher für nöthig, sie in der Geschichte der Physik kürzlich mit anzuführen.

Der Ausdruck Gas wird zum erstenmale von Joh. Baptista van Helmont gebraucht, welcher darunter ein der atmosphärischen Luft ähnliches elastisches bisher unbekanntes Fluidum versteht. Sein Lehrer Paracelsus kannte bereits die elastische Materie, welche bey der Gährung und dem Aufbrausen aus den Körpern sich entwickelt, und benannte sie mit dem Nahmen eines wilden Geistes (spiritus sylvestris). Van Helmont aber unterscheidet schon mehrere Arten von solchen elastischen Materien unter den Nahmen gas ventosum, gas pingue, gas siccum, gas fuliginosum, gas sylvestre [d]), und bemerkte ganz richtig, daß dieses Gas, in welches sich verschiedene Körper gänzlich auflösen lassen, in ihnen nicht in seiner elastischen Form, sondern in einer concreten und coagulirten Gestalt vorhanden sey [e]). So sagt er, corpora continent hunc spiritum (gas) et quandoque tota in ejusmodi spiritum obscedunt, non quidem quod actu in ipsis sit, sed est spiritus concretus et corporis more coagulatus. Das kohlensaure Gas (gas sylvestre) fand er nicht allein in der Luft, wo Kohlen oder andere

d) De flatibus n. 4. in opp. omn. Francof. 1707. 4. p. 399.

e) Complexionum atque mixtionum elementarium figmentum n. 4. in opp. p. 102.

andere Körper gebrannt hatten, sondern auch in der Hundsgrotte bey Neapel und in andern unterirdischen Hölen; ferner bemerkte er die bey gährenden Körpern, z. B. beym Weine und Biere, beym Aufbrausen mancher Körper mit Säuren, sich entwickelnden Luftarten. Aus der Erzeugung aller dieser ihm bekannten Gasarten erklärt er Erscheinungen des thierischen Körpers, so daß man seine Kenntnisse nicht genugsam bewundern kann.

So allgemein man auch die atmosphärische Luft als ein Element betrachtete, so widersprach doch diesem schon Otto von Guericke; dieser hielt sie für sehr zarte Ausflüsse von wässerigten und erdigten Theilen. Er glaubte nicht, wie damals verschiedene Naturforscher noch behaupteten, daß sich die Luft je wieder in Wasser verwandeln könne; denn wenn auch gleich feuchte Dünste, durch die Wirkung der Wärme in der Atmosphäre zerstreuet, durch Verdichtung wieder zu Wasser würden, so geschähe dies doch bey der Luft nicht. Dies lehre ausser andern Versuchen augenscheinlich die Menge der Eisnadeln, welche im Winter in der Luft gleichsam als kleine leuchtende Funken gesehen würden, und welche von der Luft als Wassertheilchen abgesondert, und in ihr in Eis verwandelt wären [f]).

Otto von Guericke zeigte ferner durch einen schönen Versuch, daß das Feuer die Luft verminderen: er küttete nämlich den engern Theil eines gläsernen kolbenförmigen Gefäßes (fig. 27.) a h g b in eine blecherne

f) Nova experim. Magdeb. lib. III. cap. I. p. 71.

ne Büchse cc, und ließ durch die Mitte des Gefäßes und der Büchse eine blecherne Röhre de gehen, so daß die untere Oefnung e mit dem Hahne eines Recipienten in Verbindung gebracht werden konnte. Hiernächst füllte er das gläserne Gefäß über die Hälfte ohngefähr bis gh mit Wasser an, und versenkte darin einen gläsernen Kolben f, so daß die Oefnung desselben unterm Wasser sich befand. Hierauf verband er die Oefnung e der Röhre de mit dem Hahne eines Recipienten, in welchen er eine brennende Kerze hinabgelassen hatte, so daß keine Luft aus: noch eingehen konnte, ausser durch die Röhre ed in den Kolben f. Da nun die Luft in dem Recipienten durch die Lichtflamme ausgedehnt ward, sahe Otto von Guericke den Kolben f sich erheben; dies dauerte aber etwa nur eine Minute, hierauf senkte er sich wieder, und das Wasser stieg in ihn auf. Aus diesem Versuche schloß Otto von Guericke ganz natürlich, daß die Luft im Recipienten durch die Lichtflamme eine Verminderung erlitten habe, welche er auf den 10ten Theil der darin enthaltenen Luft schätzte. Vielleicht, meinte er — aber irrig — würde alle Luft aufgezehrt worden seyn, wenn nicht die Lichtflamme so geschwind verlöscht wäre [g]).

Auch Boyle entdeckte durch häufig angestellte Versuche mancherley Luftarten, und gab ihnen den Nahmen der künstlichen oder gemachten Luft (aër artificialis vel factitius). So wußte er, daß sich beym Aufbrausen der Korallen in Essig, in Kirschen, Weinbeeren, Stachelbeeren, gesäuertem Brodteige, Aprikosen und in grünen Erbsen künstliche Luft entwickele, deren Wirkung auf den thierischen Körper er durch

g) Nova experim. Magdeb. cap. XIII. p. 90.

durch mancherley Versuche zeigte. Ferner kannte er die wahre Beschaffenheit und besonders die Entzündbarkeit der brennbaren Luft, welche bey der Auflösung des Eisens in Kochsalzgeist, oder in der mit Wasser verdünnten Schwefelsäure sich entwickelt [h]).

Boyle entdeckte noch weiter, daß die gemeine Luft nicht allein durch die Verbrennung, sondern auch durch das Athmen der Thiere vermindert und verdorben werde, woraus er sehr richtig schloß, daß die gemeine Luft etwas enthalten müsse, das sowohl zur Fortdauer des Lebens, als zur Unterhaltung der Flamme nothwendig erfordert werde, und welches er mit dem Nahmen ihres ätherischen Theils belegte [i]). Ueberdies hat er durch eine Reihe verschiedener und merkwürdiger Versuche gezeigt, daß die Metalle bey ihrem Verkalken am Gewichte zunehmen [k]). Folgender Versuch war besonders merkwürdig; er ließ eine Unze Bley in einer hermetisch verschlossenen Retorte über brennendem Weingeiste verkalken; als er hierauf nach zwey Stunden die Spitze von der Retorte abbrach, so strömte die äussere Luft mit Gewalt hinein; das Bley war nicht ganz verkalkt, und hatte eine Gewichtszunahme von 6 Gran erhalten [l]). Aus diesem Versuche, welcher die Verminderung der Luft offenbar

h) Nova experim. physico-mechanica de elasticitate et gravitate aëris in opp. Genev. 1680. 4.

i) New experiments upon the superficial figuras of fluids. Works. Lond. 1744. fol. B. IV. S. 3.

k) Experimenta nova, quibus ostenditur, ignem et flammam reddi posse ponderabilem in opp. var.

l) Detecta penetrabilitas vitri a ponderabilibus flammae, exper. III. ibid.

fenbar zeigte, hätte Boyle sehr leicht schließen können, daß die Gewichtszunahme des Bleyes von einem Theile der atmosphärischen Luft herrühre. Allein er strebte nach einem ganz andern Ziele, das ihm beständig vor den Augen schwebte, wie im folgenden Kapitel angeführt werden wird, und ließ dabey die eigentliche Wahrheit entwischen.

Daß die Metalle aus der Luft, worin sie verkalkt werden, einen luftförmigen Stoff einsaugen, und davon am Gewichte zunehmen, lehrte schon 1630 Jean Rey m), aus dessen Schrift Rozier n) und Weigel o) Auszüge geben.

Im Jahre 1667 fand der Franzose Du Clos p) bey der Calcination verschiedener Mineralien ebenfalls an ihnen eine beträchtliche Gewichtszunahme. Unter andern nahm er ein Stück Spiesglanz Ein Pfund schwer, zerrieb es in einem marmornen Mörser zu einem feinen Pulver, und zündete dies in einem irdenen und bleyernen Gefäße den Sonnenstrahlen ausgesetzt mit einem Brennspiegel an. Es stieg ein dicker glänzender Rauch auf, und das nach einer Stunde wie zu Asche gebrannte Pulver hatte um den 10ten Theil des vorigen Gewichts eine Zunahme erhalten. Du Hamel ist nicht abgeneigt zu glauben, daß

m) Essais sur la recherche de la cause, pour laquelle l'Estain et le Plomb augmentent de poids, quand on les calcine. Bazas 1630. 8.

n) Journal de physique T. V. p. 47. sq.

o) Beyträge zur Geschichte der Luftarten. Greifsw. 1784. 8. Th. I. S. 1. u. f.

p) du *Hamel* regiae scientiarum Academ. historia. Paris. 1701. p. 13. sq.

daß diese Gewichtsvermehrung durchs Hinzukommen fremder Materie, welche entweder die Luft oder das Feuer hergebe, entstanden sey. Denn er sagt, die Hitze des Feuers ziehe unaufhörlich Stoffe aus der Luft an, die er für Schwefeltheile hält. Zuletzt bemerkt er aber noch, daß alles dies noch einer nähern Untersuchung bedürfe, denn kürzlich habe D. Bouleduc in einer Versammlung versichert, daß er Spiesglanz in einem irdenen Gefäße calcinirt am Gewichte leichter gefunden habe.

Aus dieser kurzen Anführung ersiehet man zur Genüge, daß in diesem Zeitraume schon manche wichtige Beobachtungen und Versuche, die auf die Natur und Beschaffenheit verschiedener Luftarten abzwecken, gemacht worden sind. Nur war es Schade, daß die Beobachter selbst aus ihren gefundenen Thatsachen Fehlschlüsse zogen, und die eigentliche Wahrheit, die oftmals so schön hervorleuchtete, übersahen. Indessen ist es zu verwundern, daß dieser Gegenstand noch in der Folge so sehr vernachlässigt wurde, da doch seit Boyle's Zeiten die Chemie eine ganz andere Gestalt gewann, und auch bald nach ihm in ein Lehrgebäude gebracht ward. Vermuthlich lag die Schuld hievon darin, daß die meisten Chemiker nach dem sogenannten Steine der Weisen haschten, und die eigentlichen Physiker sich noch wenig um die Chemie bekümmerten.

Viertes Kapitel.

Entdeckungen und Beobachtungen in der Lehre vom Feuer.

Wesen des Feuers.

Von der Natur unsers gewöhnlichen Feuers, das sich bey der Verbrennung aus den verbrennlichen Körpern entwickelt, hat man sich in diesem Zeitraume verschiedene Vorstellungen gemacht. Van Helmont q) sahe das Feuer weder als eine Substanz noch als eine Eigenschaft der Körper an, sondern hielt es vielmehr für ein Mittelding zwischen Materie und Eigenschaft: est ignis, sagt er, quoddam ens verum, subsistensque, quod tamen ut non est substantia, ita neque est accidens, sed creatura neutra a Domino in hominum usus destinata, et subter nutum ejusdem data.

Cartesius r) erklärt das Feuer für die Form, welche die groben erdigten Theile annehmen, wenn sie einzeln der Bewegung des ersten Elements oder der subtilen Materie folgen. Soll sich aber Feuer in irgend einem Körper entwickeln, so müssen die Kügelchen des zweyten Elements durch eine Kraft aus den Zwischenräumen einiger erdigten Theile getrieben werden, damit diese in der Materie des ersten Elements gleich-

q) Formarum ortus n. 24. in opp. omn. Francof. 1707. 4. p. 129.

r) Princip. philos. pars IV. prop. LXXX. sqq.

gleichsam schwimmen, durch ihre heftige Bewegung mit sich fortgerissen, und nach allen möglichen Richtungen hin angetrieben werden können. Denn im entgegengesetzten Falle würde die feine Materie nicht Kraft genug besitzen, die erdigten Theile fortzuführen, weil die Kügelchen des zweyten Elements alle Räume erfüllen würden, und daher der Bewegung der feinen Materie im Wege wären. Hieraus erklärt nun Cartesius die verschiedenen Arten, wie Feuer in den Körpern entwickelt werde, und welche hier anzuführen ganz unnöthig ist, da sie jetzt keinem Physiker mehr interessiren können.

Verschiedene halten das Feuer mit den Peripatetikern für ein Element. Athanasius Kircher [s]) besonders unterscheidet das Elementarfeuer von dem gewöhnlichen Küchenfeuer; ersteres bedeutet nach ihm den Wärmestoff, welcher sich in jedem Körper als Bestandtheil befindet, und der Grund aller vom Lichte, von der fühlbaren Wärme, und von dem Küchenfeuer abhangenden Phänomene ist: dieses Elementarfeuer ist weder schwer noch leicht, sondern eine indifferente dem Schwefel nicht unähnliche Materie. Das Küchenfeuer hingegen nennt er ein vermischtes Element, welches aus dem Elementarfeuer und andern heterogenen Theilen des verbrennlichen Körpers zusammengesetzt sey, und sich daher jederzeit mit Rauch begleitet zeige.

Noch andere glauben, das Feuer sey eine bloße Qualität der Körper, wie z. B. Isaak Vossius [t]).

s) Mundus subterraneus. T. I. lib. V. sect. I. cap. II. p. 172.

t) De natura et proprietate luminis.

Robert Boyle u) hingegen behauptet, daß das Feuer eine ponderable Materie von unbekannter Natur sey. Zu dieser Meynung ward er durch eine Reihe von Versuchen verleitet. Er entdeckte nämlich, daß die Metallkalke am Gewichte oft beträchtlich zugenommen hatten, und eben diesen Zuwachs schrieb er den schweren Feuertheilchen zu, die sich bey der Verkalkung mit den Metallen vermischt hätten. Boyle übersah freylich, wie schon im vorigen Kapitel bemerkt worden ist, die eigentliche Wahrheit, der er sehr nahe war, woran seine einmal gefaßte Meynung von der Ponderabilität des Feuers Schuld hatte. Indessen erhellet aus der Anstellung seiner Versuche sein unermüdeter Fleiß, alles zu entfernen, was nur irgend seiner Behauptung entgegengesetzt werden konnte. So, sagt er v), könnte vielleicht mancher glauben, daß die Gläser, welche er bey den Versuchen zur Calcination gebraucht habe, nicht den Wirkungen der reinen Flamme, sondern der Holzkohlen, welche ein grobes Feuer zu enthalten schienen, ausgesetzt gewesen wären. Um nun diesen Einwurf auf die Seite zu räumen, stellte er unter andern folgenden Versuch an: er brachte Zinn in eine gläserne Retorte, versiegelte sie hermetisch, und traf dabey eine solche Veranstaltung, daß der Bauch derselben bloß durch die Flamme des entzündeten Schwefels nach und nach erhitzt wurde; nach einer geraumen Zeit fand er wirklich das Zinn an einigen Stellen, besonders an der, welche der Flamme ausgesetzt war, verkalkt. Dieser und andere ähnliche Versuche

u) Experim. nova, quibus ostenditur, ignem et flammam reddi posse ponderabilem.

v) Detecta penetrabilitas vitri a ponderabilibus partibus flammae.

suche verleiteten ihn sogar zu glauben, daß er auf die wichtige Entdeckung gekommen sey: daß die schweren Feuertheilchen das Glas durchdrängen.

Verschiedene Beobachtungen bey der Erregung des Feuers und der Verbrennung der Körper.

Es ist wohl leicht zu begreifen, daß die Erfinder der Luftpumpe zu wissen begierig waren, ob Feuer im luftleeren Raume statt finden könne. Der erste, Otto von Guericke [w]), brachte eine angezündete Wachskerze in einen Recipienten; nachdem er nun aus diesem die Luft zog, verminderte sich allmählig die Flamme, und zog sich mehr in die Rundung zusammen, bis sie endlich mit einer blauen Farbe gegen die Spitze des Dochtes sich hinbegab und sogleich verlosch. Hierauf blieb zwar der Docht noch ein Paar Minuten leuchtend und dampfend, alsdann aber hörte auch dies auf. Er schloß daraus, daß Feuer ohne Luft gar nicht existiren könne.

Ferner brachte Otto von Guericke eine angezündete Kerze in einen Recipienten, ohne aus diesem die Luft zu ziehen; hier beobachtete er, daß die Flamme nach 3 bis 4 Minuten fast eben so wie im luftleeren Raume, nur nicht mit blauer Farbe und in der äußersten Spitze des Dochtes, sondern in der Mitte desselben verlosch. Die Ursache dieses Verlöschens schien er sich auf keine andere Weise genugthuend erklären zu können, als daß er dachte, das Feuer müsse zu seiner Erhaltung Luft verzehren, und endlich wegen Mangel derselben gänzlich vertilgt werden. Um nun hievon eine größere Gewißheit zu erlangen, stellte er eben den im

w) Nova experimenta Magdeb. lib. III. cap. XII. p. 89

im vorigen Kapitel beschriebenen Versuch an. Dieser schien ihm zwar zu bestätigen, daß wirklich der Mangel an Luft das Verlöschen der Flamme, jedoch nur zum Theil, verursache, noch mehr aber glaubte er den Grund desselben von der Unreinigkeit der Luft herleiten zu müssen, welche von der Zerstreuung der Fetttheilchen herrühre. Denn wenn der rückständige Theil aus dem Recipienten gezogen werde, so fange er sogleich an dunkel zu werden, und lasse einen schwarzen Rauch hinter sich, der vorher nicht bemerkt ward. Zuletzt wirft er noch die Frage auf, ob das Feuer die Luft bis auf Nichts verzehren könne, oder ob sie dadurch in einen erdigten Bestandtheil aufgelößt werde? Otto von Guericke begünstigt das letztere, wiewohl er meinet, dieser erdigte Bestandtheil werde so gering seyn, daß er schwerlich zu erkennen wäre.

Die nämlichen Versuche mit der Lichtflamme stellte auch Boyle x) an, und fand dieselben Resultate, wie Otto von Guericke. Da aber zu seiner Zeit noch viel von positiver Leichtigkeit gesprochen wurde, so richtete er hiebey besonders noch seine Aufmerksamkeit auf die Bewegung des Rauchs, nachdem die Flamme verlöscht war. Er fand im luftleeren Raume diese ganz anders, als im luftvollen; in dem letztern nämlich stieg der Rauch sehr schnell auf bis an den obersten Theil des Gefäßes, wo er sich alsdann an den Wänden desselben herabzog und zu Boden fiel; in dem luftleeren Raum hingegen bewegte sich der sehr wenig bemerkte Rauch anfänglich zwar auch aufwärts, nach kurzer Zeit aber fieng seine Bewegung seitwärts an, und

x) Nova experim. physico-mechanica de vi aëris elastica. exp. X.

und senkte sich sogleich, ohne aufwärts zu steigen, nieder.

Mit diesen Versuchen begnügte sich Boyle doch noch nicht; es war ihm auch darum zu thun, durch Erfahrung auszumachen, ob auch Feuer im luftleeren Raum erregt und entzündliche Körper darin entzündet werden könnten.

Er brachte glühende Kohlen, brennende Lunte (funis bombardicus) und glühendes Eisen in luftleeren Raum, und beobachtete jederzeit, daß das Feuer bald verlöschte. Das nämliche fand auch im luftvollen Raume statt, nur war die Zeitdauer, ehe das Verlöschen erfolgte, allemal länger. Aus diesen Versuchen schloß nun Boyle ganz richtig, daß die Luft zur Erhaltung des Feuers nothwendig sey [y]).

Um nun auch zu erfahren, ob Feuer im luftleeren Raume erregt werden könne, ließ er darin ein kleines Feuerzeug los, und beobachtete, daß es eine eben so große Menge Funken von sich gab, wie in freyer Luft. Auch war er endlich nach verschiedenen fruchtlosen Versuchen im Stande, das Schießpulver im luftleeren Raum durch Funken anzuzünden, wobey ihm die Explosion viel lebhafter, als in der atmosphärischen Luft zu seyn schien [z]). — Es ist aber gar keinem Zweifel unterworfen, daß die Luft bey diesen Versuchen nicht hinreichend verdünnt gewesen ist, denn sonst würde Boyle gewiß das Gegentheil erfahren ha-

y) Nova experim. physico-mechanica de vi aëris elastica exp. XI. sqq.
z) Ibid. exp. XIV.

haben. — In der Folge hat Boyle diese Versuche wiederholt, und er fand auch wirklich einmal das Gegentheil, obgleich einige gegenwärtige Personen Einen bis Zwey Funken bey der Loßlassung des Feuerzeuges bemerkt haben wollten [a]).

Mit Hülfe eines Brennspiegels konnte er weder das Schießpulver noch andere verbrennliche Materien zum Zünden bringen, sie dampften bloß und zerflossen wie geschmolzenes Metall, oder wurden in Asche zerlegt. Glücklicher war er mit dem so genannten Platzgolde (aurum fulminaris); dies explodirte im luftleeren Raume bey allen damit angestellten Versuchen.

Aus allen diesen Versuchen erkannte Boyle die Schwierigkeit, die Flamme ohne Luft zu erhalten, ob er sich gleich nicht zu erklären wußte, warum die Luft zur Erhaltung der Flamme nothwendig erfordert werde.

Auch Huygens [b]) beschäftigte sich mit einigen Versuchen dieser Art. Unter andern brachte er ein schwarzes Band in luftleeren Raum, und versuchte es mittelst eines Brennspiegels anzuzünden; wirkliche Zündung konnte er nicht bewirken, aber eine sehr große Menge Rauch entwickelte sich, ohne sonst irgend eine Veränderung an dem Bande wahrzunehmen. Nachdem er endlich die Luft hinzugelassen hatte, fand er das Band in Asche verwandelt.

Alle diese Versuche bewiesen nun schon unläugbar, daß zur Entzündung verbrennlicher Körper, und zur

a) Nova experim. circa relationem inter flammam et aërem. exp. VIII.

b) Philosoph. Transact. n. 122.

zur Fortdauer der Flamme das Daseyn von atmosphärischer Luft nothwendig erfordert werde. Nur vermochte noch kein einziger mit Gewißheit zu bestimmen, warum sie zur Erregung und Erhaltung des Feuers nöthig sey. Die wichtige Entdeckung von der Schwere der Luft aber gab Veranlassung, daß man sich die nothwendige Gegenwart derselben so erklärte: ihr Druck diene, die Flamme zusammen zu halten; ausserdem aber dringe sie mit Gewalt zwischen die durch die Hitze des Feuers von einander getrennten Theile, und verwandele auf solche Art die Körper in Staub.

Daß die meisten verbrennlichen Körper bey der Entzündung mit Flamme und Rauch gänzlich aufgezehrt werden, konnte gar niemandem unbekannt bleiben. Nur machten sich die Naturforscher von der Flamme verschiedene Begriffe. Van Helmont [c]) und noch andere z. B. Borelli [d]) hielten die Flamme für nichts weiter als für den entzündeten Dampf; flamma, sagt er, est exhalationis pinguis fumus accensus et illuminatus.

Fast eben so begreift Cartesius [e]) unter dem Ausdrucke Flamme die entzündeten erdigten Theile, welche aus dem brennenden Körper durch die ausströmende subtile Materie mit fortgerissen, und daher in eine schnelle Bewegung versetzt werden. So besteht z. B. die Flamme einer Kerze aus entzündeten ölichten Theilen. Weil die subtile Materie vermöge ihrer Natur

c) Formarum ortus n. 28. in opp. p. 131.

d) De motionibus naturalibus a gravitate pendentibus. p. 86.

e) Princip. philos. pars IV. prop. 96. sqq.

tur sich von der Erde zu entfernen strebt, so wird hieraus das Aufsteigen der Flamme begreiflich. Wenn die Flamme aus bloßer subtiler Materie bestünde, so würde sie durch die Kügelchen des zweyten Elements und die erdigten Theile in der Luft, welche an die Stelle der Flamme treten wollen, ausgelöscht werden; allein die aus dem Dochte unaufhörlich ausgehenden erdigten oder ölichten Theile trieben jene Hindernisse zurück, und unterhielten auf solche Art die Flamme. Indessen wird doch durch diesen Widerstand die Flamme in der Höhe geschwächt, daher ihre spitzige Gestalt. Weil es aber in der Welt gar keinen leeren Raum giebt, so muß die Luft, welche von der Flamme und dem Rauche aus der Stelle getrieben wird, durch eine kreisförmige Bewegung an der Oberfläche der Kerze und an den untern Theil des Dochts herabgehen, wo sie wieder die ölichten Theilchen in die Höhe treibt und so die Flamme unterhalten hilft.

Otto von Guericke [f]) hält die Flamme für eine Eigenschaft der bereits so stark erhitzten Körper, daß sie glühen. Diese Eigenschaft mache es eben, daß die Körper im feurigen Zustande erhalten würden.

Andere Physiker nahmen Flamme und Feuer für identisch an. So sagt Kircher [g]), die Flamme sey nichts weiter als fließendes Feuer.

Sternschnuppen und Feuerkugeln.

Diese beyden feurigen Meteore sind schon von den ältesten Physikern beobachtet worden, wiewohl ihre wahre Beschaffenheit bis jetzt noch nicht in gehöriges Licht

f) Nova experimenta. Magdeb. p. 140.
g) Mundus subterraneus. T. I. p. 173.

Licht gesetzt ist. Die Sternschnuppen sind weit häufiger, als die Feuerkugeln, und man sieht sie gewöhnlich des Abends und des Nachts bey heiterm Himmel als kleine leuchtende Körper, wie Flammen oder Sterne, durch die Atmosphäre schießen, welche wieder verschwinden oder auf die Erde zu fallen scheinen. Oft ziehen sie auch einen leuchtenden Schweif nach sich und heissen sodann fliegende Drachen. Am häufigsten nimmt man dieses Luftmeteor im Frühjahre und Herbste und gewöhnlich nur des Abends und des Nachts wahr, obgleich auch Gassendi[h]) an einem hellen, stillen und warmen Vormittage eine Sternschnuppe beobachtet hat. Gassendi erzählt, daß Robert Fludd und andere die Substanz der auf die Erde niedergefallenen Sternschnuppen untersucht, und eine gallertartige Materie, wie Froschlaig, mit schwarzen Flecken gefunden hätten, welche in Papier aufbewahrt endlich trocken und hart geworden sey.

Cartesius[i]) und andere halten die Sternschnuppen für Ausdünstungen, welche sich oben in der Atmosphäre verdichten und daselbst entzündet werden, und welche blos in Ansehung ihrer geringern Intensität von dem Blitze verschieden sind. Gassendi[k]) hingegen ist geneigter, sie für eine blos leuchtende Materie zu halten. Diese Materie sey zwar, so lange sie in der Atmosphäre aufsteige, nicht wahrzunehmen; wenn sie sich aber zu einem kugelförmigen Körper verdichte, und specifisch schwerer als die Luft geworden sey,

h) Physicae sect. III. membr. I. lib. II. cap. VII. in opp. T. II. p. 107. sqq.
i) Meteoror. cap. VII. prop. XIII.
k) Opp. T. II. p. 109.

sey, so falle sie auf die Erde herab, und beym Herabfallen werde sie gleichsam angeblasen, so daß sie dadurch leuchtend werde, wie etwa das Meerwasser, das alsdann erst zu leuchten anfange, wenn es bewegt werde.

Die Feuerkugeln scheinen von den Sternschnuppen nur der Größe nach verschieden zu seyn, und mit diesen einerley Ursprung zu haben. Gewöhnlich werden sie als große leuchtende Kugeln in der Atmosphäre wahrgenommen, deren Farbe oft ins rothe fällt, und welche sich schneller oder langsamer durch die Luft bewegen. Oft zieht eine solche Kugel einen langen glänzenden Schweif nach sich, welcher an der Kugel selbst einen gleichen Durchmesser mit ihr hat, weiter hin aber sich in eine Spitze endigt. Gassendi[l]) erwähnt einer, deren scheinbarer Durchmesser doppelt so groß, als der des Mondes geschienen habe; er nennt sie eine Fackel (facem), und sie scheint daher keine völlig kugelrunde Gestalt gehabt zu haben. Cartesius, Gassendi und Dechales erklären sie eben so wie die Sternschnuppen, und letzterer bemerkt besonders noch, es falle ihm nur schwer einzusehen, auf welche Art sie entzündet werden könnten.

l) Opp. T. II. p. 110.

Fünf-

Fünftes Kapitel.

Entdeckungen und Beobachtungen in der Lehre vom Wasser.

Bemerkungen über die Natur des Wassers.

So allgemein auch das Wasser in diesem Zeitraume noch als ein Element betrachtet wurde, so verleiteten doch einige Versuche einem van Helmont und Boyle zu behaupten, daß sich das Wasser in Erde verwandele. Die ersten Versuche, aus welchen man die Verwandlung des Wassers in Erde schloß, gründen sich auf den Wachsthum der Pflanzen im Wasser allein. So erzählt van Helmont m), er habe in ein irdenes Gefäß 200 Pfund auf dem Ofen getrockneter Erde gethan, in dieselbe einen 5 Pfund schweren Weidensatz gesteckt, und sie mit Regenwasser begossen. Nach Verlauf von 5 Jahren habe der Weidenstamm 169 Pfund und ohngefähr 3 Unzen gewogen. Van Helmont versichert, daß er die Erde mit keinem andern Wasser als mit Regenwasser oder mit destillirtem Wasser begossen, und daß er überdem noch dabey die Vorsicht gebraucht habe, das Gefäß mit überzinntem Eisenbleche zu bedecken, damit nicht etwa Staub auf die Erde fallen, und sich mit ihr vermischen möchte. Nachdem er nun die Erde nach 5 Jahren eben so wieder, wie vorher, auf dem Ofen getrocknet und sie alsdann wieder gewogen habe, so sey sie

m) Complexionum atque mixtionum elementalium figmentum n. 30. in opp. Francof. 1707. 4. p. 104.

sie von ihm etwa nur um 2 Unzen leichter, als 200 Pfund, gefunden worden. Hieraus folgt also, daß das Holz, die Rinde und die Wurzeln 194 Pfund Zuwachs erhalten hatten, welche nach van Helmont's Meynung blos aus dem Wasser entstanden waren.

Ganz ähnliche Versuche hat auch Boyle [n]) angestellt, welche er, wie beständig seine Gewohnheit war, ganz umständlich beschreibt. Er brachte abgeschnittene Stengel vom Merrettig, Singrün, einer Münzenart und dem Wasserhahnenfuß im bloßen Wasser zum Wachsen, und letzterer hatte am Gewichte in einem Monate doppelt, und in sechs Monaten sechsmal so viel zugenommen. Er pflanzte ferner eine Indianische Sorte von Kürbiskernen [o]) in eine im Backofen getrocknete Erde, welche blos mit Regen- oder Quellwasser begossen wurde. Nachdem ein solcher Kern ausgewachsen war, wogen Frucht, Blätter und Stengel drey Pfund weniger ein Drittheil, und die wiederum ausgetrocknete Erde hatte wenig oder gar nichts verlohren. Eben so verfuhr er auch mit Gurkenkernen, die zwey gewachsenen Gurken wogen $10\frac{1}{2}$ Pfund, und die Ranken mit den Wurzeln 4 Pfund weniger zwey Unzen. Die ausgetrocknete Erde wog $1\frac{1}{2}$ Pfund weniger, als zuvor, welchen Verlust sein Gärtner dem Verstäuben zuschrieb.

Hieraus schliessen nun die beyden Naturforscher, das Wasser müsse nothwendig den erdigten Stoff zur Aus-

n) Origo formarum et qualitatum juxta philosophiam corpuscularem. pars historica sect. I. obs. II.

o) Chymista scepticus vel dubia et paradoxa chymico-physica. Pars II.

Ausbildung der festen Theile der Pflanzen hergegeben haben, und daher in Erde verwandelt seyn.

Indessen sind es diese Versuche nicht allein, aus welchen man die Verwandlung des Wassers in Erde ableitete; man wollte auch durch Destillationen und durch andere chemische Behandlungen des Wassers daßselbe in Erde verwandelt haben. Der erste, welcher dergleichen anstellte, war Olaus Borrichius [r]). Dieser brachte nämlich 900 Pfund Regenwasser, 100 Pfund Schneewasser, und 100 Pfund Hagelwasser in gläserne Gefäße, und ließ es zusammen abdampfen; hiebey bemerkte er, daß gegen das Ende der Arbeit dasselbe röthlich ward, und er gewann, nachdem es bis zur Trocknis abgedampft war, eine staubige Erde, aus welcher er durchs Absüßen einen kleinen Theil Kochsalz zog; unter einer Muffel gab dies ausgesüßte Pulver einige Anzeigen von Schwefel. Auch unterwarf Borrichius dies nämliche Wasser zuerst einer sehr großen Anzahl von Destillationen nach einander, und behauptete, daß man es durch Wiederholung dieser Arbeit gänzlich in eine unschmackhafte und feuerfeste Erde verwandeln könne. Hiebey beruft er sich auch auf den englischen Arzt, Edmund Dickinson, der bey hundert Destillationen eben dasselbe gefunden habe.

Fast zu gleicher Zeit mit Borrichius beschäftigte sich auch Robert Boyle [q]) in England mit

p) Hermes Aegyptiorum et chemicorum sapientia ab *Hermanni Conringii* adimadversionibus vindicata per *Olaum Borrichium*. Hafniae 1674. 4.

q) Origo formarum et qualitatum etc. pars historica sect. II. de experimentis exper. IX.

mit dem nämlichen Gegenstande, ohne von des erstern Versuchen etwas gewußt zu haben. Er erhielt, wie Borrichius, bey jeder Destillation eine merkliche Menge von Erde. Er wiederholte die Destillationen an die zweyhundertmale, und bemerkte jederzeit einen Theil Erde. Die von ihm gewonnene Erde verglich er mit derjenigen, die er von andern Chemikern erhalten hatte, und fand beyde von gleicher Beschaffenheit. Durchs Mikroskop betrachtet sahe sie so fein aus, wie das feinste Mehl, war undurchsichtig, und nur einige Theile, die gleichsam wie Sandkörnchen eingestreuet waren, schienen zu glimmern. Sie trübte in etwas das Wasser, ward darin lange Zeit schwebend erhalten, und lösete sich in ihm nicht auf; im Feuer blieb sie ungeändert; ihr specifisches Gewicht war doppelt so groß in Vergleichung mit dem des Wassers, aber etwas geringer als das von gut ausgelaugter Asche, und gab ein weisses Glas, welches nur anderthalbmal so viel als Wasser wog. Hieraus schließt nun Boyle, daß diese Erde (von den Chemikern terra virginea genannt) kein rein elementarischer Stoff, sondern ein trockener, kalter, schwerer, und weder im Feuer noch im Wasser zu verändernder Körper sey. Auch bemerkt er noch, daß ihm ein gelehrter Freund die Versicherung gegeben habe, das Glas sey hiebey nicht angefressen gewesen, und das Wasser habe am Gewichte gerade so viel abgenommen, als die Erde zugenommen. Alles dies sey durch bloße Destillation bis auf ein Achtel erfolgt, und wahrscheinlich würde sich alles Wasser in Erde verwandelt haben, wenn er nicht den Rückstand aus andern Ursachen aufbewahrt hätte, indem er aus einer Unze Regenwasser ohngefehr $\frac{3}{4}$ Unzen Erde erhalten habe.

Zuletzt fügt Boyle doch noch die Bemerkung bey, daß, wenn auch gleich aus allen diesen Versuchen die Verwandlung des Wassers in Erde bewiesen zu seyn schiene, doch aller Zweifel noch nicht gehoben wäre, indem ihm ein großer Theil des Pulvers verlohren gegangen, und seine Versuche nicht beendigt wären. Er möchte gerne wissen 1. ob noch nicht verändertes, und von seiner Unreinigkeit gereinigtes Wasser leichter und säuerlich wäre; ob und wie geschmackloses Regenwasser auf Steine und Erde wirke, 2. ob das Glas, in welchem das Wasser destillirt werde, ohngefähr von seinem Gewichte eben so viel verliehre, als an Staub hinzukäme, indem sich die schweren Feuertheilchen in die Substanz des Glases begäben, und ob das Glas mit dem Staube ein gleiches specifisches Gewicht hätte (denn vom Crystallglase betrage die Verschiedenheit des Pulvers nur ein Fünftel); diesem Zweifel könnte durch Anwendung metallener Gefäße, statt der gläsernen abgeholfen werden, 3. damit man in dieser Sache zur evidenten Gewißheit gelange, so käme es noch darauf an, ob das destillirte Regenwasser wirklich eine ganz homogene Materie wäre.

Ueberdem untersuchte auch Boyle die Erde mit ätzenden Mineralsäuren, und bemerkte ein starkes Aufbrausen, welches ihm aber, da der größte Theil unaufgelöset blieb, von anhängendem Laugensalze herzurühren und der gewonnene Staub also eine bloße geschmaklose Erde und durch eine Veränderung der Fügung des Wassers entstanden zu seyn schien, wenn anders öfters abdestillirtes Regenwasser völlig homogen wäre.

Alle diese Versuche sind in der Folge weiter fortgesetzt und genauer geprüft worden, von deren Erfolge

die folgende Periode umständliche Nachricht ertheilen wird.

Ueber die Compressibilität des Wassers hat nach Bacon von Verulamio erst Boyle wieder Versuche angestellt. Nachdem er nämlich die Elasticität der Luft aus unwiedersprechlichen Erfahrungen bewiesen hatte, so kam er auch auf den Gedanken, ob nicht vielleicht das Wasser ebenfalls Elasticität besäße. Er meinte, es sey bisher kein einziger darauf verfallen, dies zu bestimmen. Es ist aber kaum glaublich, daß Boyle den Versuch seines Landsmannes, des Bacon von Verulamio sollte übersehen haben, da er ihn doch so oft in seinen Schriften anführt. Ueberhaupt bemerke ich bey dieser Gelegenheit noch, daß man Boyle'n oft Entdeckungen zuschreibt, die ihm gar nicht gehören. Boyle war ein ausserordentlich thätiger Mann, welcher mit auswärtigen Gelehrten in grossem Briefwechsel stand. Sobald ihm nun eine Entdeckung gemeldet ward, suchte er sie durch Versuche zu bestätigen, und machte sie alsdann mit weitläuftigen Worten nach seiner Gewohnheit bekannt. Daher kam es, daß ihm seine Landsleute Entdeckungen zuschrieben, an welche er doch weiter keinen Antheil hatte, als sie nur durch Versuche bestätigt zu haben. So schreibt man ihm z. B. die Entdeckung, daß die Luft durchs Verbrennen der Körper am Volumen abnehme, ausschließend zu, da sie doch einem Deutschen, dem Otto von Guericke, gehört. Allein dies bey Seite gesetzt, so will doch Boyle der erste gewesen seyn, welcher den Gedanken gehabt habe, durch Versuche auszumachen, ob das Wasser wirklich elastisch sey [r]). Zu dem Ende stellte er folgende drey Versuche an;

1. Fülle

r) Nova experimenta physico-mechanica de vi aëris elastica, exper. XX.

1. Füllte er eine weite gläserne Bouteille mit einem sehr langen Halse mit gemeinem Wasser so weit an, daß es etwa eine Spanne hoch in dem langen Halse stand; hiernächst wurde der Stand des Wassers durch angeklebtes Papier bemerkt, und so dieser Apparat in einen Recipienten gebracht. Es war nun schon ein guter Theil Luft aus dem Recipienten gezogen, ehe man eine Expansion des Wassers bemerkte; nachdem aber mit der Luftpumpe weiter operirt wurde, ward endlich das Steigen des Wassers im langen Halse bemerkt, wobey verschiedene Blasen von den untern Theilen des gläsernen Gefäßes aufsteigen, und oben an der Oefnung des Halses zerplatzten; durch fortgesetztes Exantliren stieg das Wasser augenscheinlich über den bemerkten anfänglichen Stand desselben. Um endlich die Expansion des Wassers noch bemerklicher zu machen, ließ Boyle wieder äussere Luft in den Recipienten, und in dem Augenblicke senkte sich das Wasser tiefer herab, als es anfänglich im Gefäße gestanden hatte.

2. Nahm er ein hohles rundes bleyernes Gefäß, welches oben nur eine sehr kleine Oefnung besaß, und gegen zwey Pfund Wasser hielt; dieses füllte er, wiewohl mit nicht geringer Schwierigkeit, vermittelst einer Spritze zuerst durchs Ausziehen der Luft und dann durchs Einspritzen mit Wasser an; nachdem auf solche Art das Gefäß bis an die kleine Oefnung voll war, versuchte er, durch Hülfe der Spritze noch mehr Wasser hineinzubringen, und nach seinem Anführen soll dies auch wirklich geschehen seyn, so daß dadurch das Wasser comprimirt werden mußte; nach dieser Arbeit ließ er das Gefäß ruhig stehen, und bemerkte, daß einige Tropfen aus der kleinen Oefnung in die Höhe getrieben

ben würden, und an den Wänden des Gefäßes herabliefen. — Diesem Versuche gemäs, den er nicht ganz deutlich beschrieben hat, scheint er schon die Compression des Wassers vorauszusetzen, und nur die Wiederherstellung des Wassers in den vorigen größern Raum, oder nach dem Ausdrucke der neuern Physiker, die expansive Elasticität, zu erweisen. —

3. Füllte er ein rundes zinnernes wiederum mit einer kleinen Oefnung versehenes Gefäß auf die nämliche Art, wie in n. 2., mit Wasser an, und trieb abermals mittelst einer Sprize so viel Wasser, als nur möglich war, hinein, und ließ die Oefnung genau zulöthen; hiernächst schlug er das zinnerne Gefäß mittelst eines hölzernen Hammers an einigen Stellen platt, wenn er alsdenn eine Nadel durchs Zinn trieb, und wieder herauszog, so sprang das Wasser aus der kleinen Oefnung zwey bis drey Fuß hoch in die Luft. — Auch bey diesem Versuche scheint Boyle die Compressibilität des Wassers vorausgesetzt zu haben; denn sonst ist es nicht wohl abzusehen, wie die Oefnung hätte verlöthet werden können, indem ja in dem Augenblicke, da sie zugelöthet werden sollte, das mit Gewalt hineingepreßte Wasser keinen Widerstand fand, und also nothwendig, wenn es elastisch war, wieder hätte heraustreten müssen. Indessen scheint doch Boyle durch diesen Versuch soviel ausgerichtet zu haben, daß das kugelförmige Gefäß so genau als möglich mit Wasser ausgefüllt wurde, alsdann mußte aber nothwendig das Wasser durchs Hämmern in einen engern Raum gebracht werden. —

Honaratus Fabri[a]) wiederholte den Versuch des Boyle mit dem kugelförmigen Gefäße; er hat-

a) Physica. tract. 5. lib. 2. de elementis prop. 217.

hatte aber dabey die Veranstaltung getroffen, daß, sobald das Wasser mit Gewalt hineingepreßt ward, die Oefnung mittelst eines Hahnes verschlossen wurde. Nachdem er alsdenn den Hahn wieder öfnete, drang das Wasser mit Gewalt aus dem Gefäße wieder heraus, welches die Compressibilität des Wassers bewies.

Die berühmtesten Versuche dieser Art sind die, welche von den Mitgliedern der Akademie del Cimento angestellt worden sind [t]). Es sind deren drey. In dem ersten Versuche wurden zwey Glasröhren mit Kugeln zum Theil mit Wasser gefüllt, oben mit einander zusammengeschmolzen, und die eine Kugel in Eis gesetzt, in der andern aber das Wasser zum Sieden gebracht. Die sich entwickelnden Dämpfe des siedenden Wassers druckten nun auf das in der eiskalten Kugel befindliche, konnten aber dasselbe nicht tiefer herab und zusammen drucken, sondern der Druck zerbrach vielmehr den Boden der kalten Kugel. Hierauf nahm man statt der Glaskugeln kupferne Kugeln, allein die heissen Dämpfe preßten das Wasser durch die Löthung der kalten Kugel, und zersprengten endlich die daran befindliche Glasröhre. Beym zweyten Versuche ward das in eine Glasröhre genau eingeschlossene Wasser durch aufgegossenes Quecksilber, dessen Druck bis auf 80 Pfund stieg, gepreßt, ohne daß sich die Wasserhöhe nur um ein Haar breit verminderte. Der dritte Versuch endlich ist der bekannteste, und besteht darin: eine dünne große von Silber gegossene Kugel ward genau mit eiskaltem Wasser angefüllt, die Oefnung sorgfältig verschlossen, und die Kugel gehämmert, um das Wasser in einen engern Raum zu bringen. Statt dieses

t) Tentamina etc. ed. *Musschenbroekii.* P. II. p. 58. sqq.

ses gehoften Erfolgs drang das Wasser bey jedem Schlage durch die Poren des Metalls, wie Quecksilber, das durch Leder gepreßt wird. Durch diese Versuche hielt man sich nun berechtigt, zu glauben, die Compressibilität des Wassers sey unmöglich.

Auch Du Hamel [u]) ist anfänglich der Meynung gewesen, daß sich das Wasser comprimiren lasse, und führt zum Beweise den Versuch des Fabri an. Nachher aber bringt er in einer andern Schrift [v]) folgenden Versuch gegen die Zusammendrückung des Wassers bey; imple tubum ferreum aqua, et embolum vel cochleam impone, hanc intra tubum adiges nunquam.

So vieles Aufsehen auch alle diese Versuche, besonders die zu Florenz angestellten, gemacht und wirklich so viele große Naturforscher verleitet haben, die Elasticität des Wassers gerade zu zu läugnen, so muß ich doch gestehen, daß es mir sehr sonderbar vorkömmt, sich einer Erscheinung wegen so ausserordentliche Mühe zu machen, da uns doch schon die Natur selbst durch ihre Operationen die Elasticität des Wassers ohne allen Widerspruch lehrt. Es war nämlich längst bekannt, und alle diejenigen, welche die Versuche über die Compressibilität des Wassers angestellt haben, bewiesen es so schön, daß die positive und negative Wärme das Wasser ausdehnt und verdichtet. Wirkt denn aber die Wärme nicht als äussere Kraft? Nimmt man

u) Physic. general. tract. prim. cap. IV. p. 91. in opp. Norimb. 1682. T. I.

v) De consensu vet. et nov. philosoph. lib. III. cap. IV. in opp. T. II. p. 740.

man wirklich an, das Wasser lasse sich nicht zusammendrucken, so muß auch natürlich daraus folgen, daß keine einzige Kraft, selbst die unendliche nicht ausgenommen, das Wasser in einen größern Raum ausdehnen, noch in einen kleinern zusammen bringen könne. Die Wirkung der Wärme zeigt aber gerade das Gegentheil. Mußten denn blos Menschenkräfte nöthig seyn, um die reine Wahrheit zu beweisen? Ich meine, die Natur selbst lehrt sie untrüglicher. Man sieht aber hier wieder ein Beyspiel, wie weit sich der menschliche Verstand verirren kann, wenn er sich einmal ein Ziel vorgesteckt hat, das ihm beständig vor den Augen schwebt.

Boyle war auch neugierig zu wissen, wie sich das Wasser im luftleeren Raume verhalte. Nachdem er nun ein mit Wasser angefülltes Glas in einen Recipienten gebracht hatte und die Luft ausziehen ließ, so beobachtete er, daß sich an den innern Wänden des Gefäßes anfänglich kleine Bläschen bildeten, welche durch fortgesetztes Exantliren größer wurden und sich vervielfältigten, so daß zuletzt ein ordentliches Aufwallen, wie beym Sieden des Wassers, erfolgte. Boyle schloß hieraus, daß in dem Wasser sowohl als auch in andern schweren flüssigen Materien wirkliche Luft enthalten wäre, welche beym gewöhnlichen Drucke der Atmosphäre unbemerkbar sey. Hiebey bemerkt er noch, daß, wenn man ja dem Wasser keine Elasticität zuschreiben wollte, man alsdann behaupten könnte, bey dem mit der zinnernen Kugel angestellten Versuche rühre der Antrieb nicht von dem mit Gewalt durch die Spritze hineingetriebenen Wasser, sondern vielmehr von der im Wasser zerstreueten und zusammengedruck-

ten Luft her, welche sich in den vorigen Raum wieder auszudehnen suche [w]).

Auch die Florentiner Akademisten brachten Wasser von gewöhnlicher Temperatur, auch warmes und kaltes Wasser, in luftleeren Raum; das erste zeigte eine große Menge kleiner Blasen, welche im Wasser aufstiegen, und auf der Oberfläche desselben verschwanden, ohne jedoch dadurch das Wasser zu trüben; nach und nach hörte aber die Bildung der Bläschen auf, und das Wasser war ruhig wie zuvor. Das heisse Wasser hingegen siedete im luftleeren Raume heftig völlig eben so, als wenn es dem stärksten Feuer ausgesetzt wäre, gleichwohl schien es, nachdem es aus dem leeren Raume herausgenommen ward, durch das Kochen keine größere Wärme erlangt zu haben. In dem kalten Wasser endlich zeigten sich im leeren Raume 4 bis 5 sehr kleine Bläschen, und nachher bemerkte man an ihm auch nicht die geringste Veränderung [x]).

Eis.

Daß das Wasser erst bey einer gewissen Kälte sich in Eis verwandele, konnte gar niemanden unbekannt bleiben. Nur waren die Physiker über die Ursache der Entstehung der Kälte nicht einig. Ehe ich aber ihre Meynungen erzähle, werde ich vor allen Dingen die Beobachtungen, welche die Naturforscher dieses Zeitraums bey der Bildung und über die Wirkung des Eises gemacht haben, kürzlich berühren. Die größte Aufmerksamkeit auf diesen Gegenstand haben die Florentiner Akademisten und Robert Boyle ge-

w) Nova experim. de vi aëris elastica. exp. XX.

x) Tentamina etc. ed. *Musschenbroekii.*

gerichtet. Die Florentiner Akademisten [y]) setzten Wasser in verschiedenen Gefäßen einer zum Gefrieren hinreichenden Kälte in freyer Luft aus, und beobachteten dabey folgende Erscheinungen: anfänglich bemerkte man auf der Oberfläche des Wassers am Umfange des Gefäßes rund herum eine dünne Eisrinde, von welcher gegen die Mitte hin Eisfäden sich bildeten; hierauf entstanden andere Eisfäden, welche sich unordentlich nach unten hinzogen; allmählig erhielten diese eine gewisse Breite, so daß sie auf der einen Seite ausgedehnter, auf der entgegengesetzten aber schärfer waren, ohngefehr wie Messer, aus deren Rücken andere sehr feine Fäden ausgiengen in Gestalt von Pflaumenfedern oder Blättern, welche sich mit der ersten entstandenen Textur ohne alle Ordnung verwebten, und zuletzt durch ihre Verbindung eine einzige feste Masse ausmachten. Die Oberfläche dieser festen Masse sahe rauh und mit verschiedenen Furchen durchschnitten aus, wie ein Krystall, auf welchem die feinsten Grabstichellinien eingerissen sind. Anfänglich erschien die Oberfläche der ganzen Eismasse völlig eben, wurde aber erhaben, ohne jedoch eine regulaire Gestalt anzunehmen. Besonders merkwürdig waren den Akademisten die bewundernswürdigen Wirkungen, welche das entstehende Eis auf die Gefäße, die es eingeschlossen hatten, zeigt. Alle Gefäße von Glas und verschiedenen Metallen, welche größtentheils Kugeln oder Sphäroide und sehr dick waren, zersprangen, wenn die Kälte stark genug war, um das in ihnen eingeschlossene Wasser zum Gefrieren zu bringen. Es ist nöthig, die vornehmsten Ereignisse, welche sich bey diesen Versuchen zeigten, hier kürzlich zu berühren, um hieraus den

y) Tentamina etc. ed. *Musschenbroekii.*

den damaligen Zustand, in welchem sich diese Lehre befand, deutlich zu erkennen und einzusehen, welche Fortschritte die Physik auch bey diesem Gegenstande machte. Die erste und nächste Veranlassung zur Anstellung der Versuche gab die Behauptung des Galilei, daß nämlich das Eis vielmehr ein verdünntes, als verdichtetes Wasser sey. Denn nach Galilei's Meynung muß die Verdichtung eine Verminderung des Umfanges und Vermehrung des Gewichts, die Verdünnung aber gerade das Gegentheil hervorbringen, nun nehme aber das Volumen des Wassers bey der Gefrierung zu, und das wirklich in Eis verwandelte Wasser werde leichter, als das flüssige Wasser, weil es darauf schwimme, mithin müsse auch das Eis ein mehr verdünntes als verdichtetes Wasser seyn. Daß das Eis leichter, als das Wasser sey, lehre die tägliche Erfahrung, die Leichtigkeit möge nun entweder von eingestreueten leeren Zwischenräumchen, oder von einer Vermischung kleiner Lufttheile, oder von einer andern ähnlichen Materie, die im Eise als kleine Bläsgen, eben so wie in der Substanz des Glases, sich zeigen, herrühren. Um diese Meynung des Galilei entweder zu bestätigen oder zu widerlegen, schlossen sie Wasser in Gefäßen so ein, daß auch nicht der geringste Raum zu seiner Verdünnung übrig war, und ließen es darin gefrieren. Bey dem ersten Versuche, wo zwey Deckel auf das Gefäß fest geschraubt waren, fanden sie den innersten Deckel von einander gerissen, und auf demselben eine dünne Eisrinde, welche von dem aus dem Risse herausgedrungenen Wasser entstanden war. Uebrigens hatte der Deckel eine Convexität erhalten, so wie auch das Eis in dem Gefäße diese Gestalt besaß. Hieraus schlossen nun die Akademisten, daß das Wasser im Augenblicke der Gefrierung wirk-

wirklich müsse verdünnt worden seyn; denn hätte es sich durch die Kälte verdichtet, so müßte es sich in einen engern Raum zusammengezogen haben, folglich eine Leere im Gefäße entstanden und der Deckel hinein gepreßt seyn, welcher also eine concave nicht aber eine convexe Gestalt hätte besitzen müssen.

Bey dem zweyten Versuche zersprang das sphärische Gefäß, welches aus zwey in der Mitte zusammengeschraubten Halbkugeln bestand, nicht; allein die Akademisten fanden das Eis zu ihrer großen Verwunderung nicht so durchsichtig, viel dichter und schwerer, als das gewöhnliche in der Luft entstandene Eis, so daß es im Wasser mehr unterzusinken schien. In der Mitte der Eissphäre aber befand sich eine Hölung von der Größe eines Mandelkernes. Der nämliche Erfolg zeigte sich bey der oftmaligen Wiederholung dieses Versuchs. Dem ersten Anblicke nach schien diese sonderbare Erscheinung den Akademisten gerade das Gegentheil von der Behauptung des Galilei zu erweisen. Sie glaubten fast schließen zu müssen, daß das flüssige Wasser in der Kugel beym Akt des Gefrierens gerade um den Raum vermindert sey, als die Hölung in der Mitte der Eiskugel groß war, daß folglich das Eis nicht, wie Galilei meinte, als ein verdünntes, sondern vielmehr als ein verdichtetes Wasser betrachtet werden müsse. Allein bey genauerer Untersuchung bemerkten sie während des Gefrierens am Umfange der Schraubengänge ein Zischen, als wenn das Wasser zu kochen anfangen will; dies gab ihnen einen sichern Beweis von einer solchen Verdünnung des Wassers ab, daß es durch die Schraubengänge hindurchdrang. — Diese Erscheinung hätte die Akademisten leicht auf die Folge leiten können, daß der Akt des

des Gefrierens zugleich mit einer Dampfoperation begleitet sey, und daß diese, wenn sie verhindert werde, eine vorzügliche Ursache der Ausdehnung des Eises sey; allein sie glaubten vielmehr dadurch die Meynung des Galilei zu bestätigen, besonders da sie beym wiederholten Versuche das bemerkte Zischen durch Bestreichung der Schraubengänge mit Wachs verhindert und wirklich dadurch bewirkt hatten, daß nach der Vollendung des Gefrierens die Schraube auf der einen Seite von einander getrieben war.

Aus diesen und mehreren angestellten Versuchen schlossen nun die Florentiner Akademisten mit dem Galilei, daß das Eis in der That nichts weiter als verdünntes Wasser sey. Uebrigens fanden sie das Volumen des Wassers nach dem Gefrieren um ein Neuntel vergrößert.

Indessen blieben die Akademisten bey diesen Versuchen noch nicht stehen, sie untersuchten den Akt des Gefrierens noch viel genauer. Sie nahmen ein gläsernes kugelförmiges Gefäß etwa $\frac{1}{8}$ Elle im Durchmesser mit einem beynahe $1\frac{1}{2}$ Ellen langen Halse, welcher in sehr kleine Theile getheilt war. Dies Gefäß füllten sie mit Wasser an, so daß es etwa bis auf $\frac{1}{6}$ der Höhe des Halses stand. Hiernächst umgaben sie die gläserne Kugel mit einem Gemisch von Eis und Salz, und beobachteten mit der größten Aufmerksamkeit alle Bewegungen des Wassers, besonders auf seiner Oberfläche. Gleich bey der Berührung der Kugel mit dem Eise fieng das Wasser im Halse ein wenig jedoch sehr schnell zu steigen, nachher ziemlich regelmäßig mit mittelmäßiger Geschwindigkeit herabzusinken an, bis es endlich auf einen gewissen Grad gekommen war,

unter

unter welchem es sich nicht weiter senkte, sondern vielmehr hier ohne alle Bewegung eine Zeitlang stehen blieb. Hierauf fieng es ungemein langsam, aber wie es schien, ziemlich regelmäßig zu steigen an, auf einmal endlich erhob es sich mit solcher Schnelligkeit von 10 zu 10 Graden, daß die Bewegung gleichsam in einem Augenblick zu seyn schien, und dies war gerade der Zeitpunkt, wo das Wasser zu gefrieren anfieng. So wie dieses Steigen in einem Momente erfolgte, eben so hörte es auch in demselben Augenblicke auf, und von dieser geschwindesten Bewegung an erhob es sich zwar schnell, aber ohne alle Vergleichung mit jener ungemein heftigen Geschwindigkeit, noch weiter bis zum Ueberlaufen in die Höhe. Während dieses ganzen Vorganges stiegen eine Menge Lufttheilchen, oder Theilchen einer subtilern Materie aus dem Wasser auf, und dieses Aufsteigen ließ nicht eher nach, als bis schon ein großer Theil des Wassers gefroren war.

Alle diese Erscheinungen beobachteten sie nicht allein beym Wasser, sondern auch bey den meisten andern Liquoren, welche sie auf die erzählte Art zum Gefrieren brachten. Hieraus machten sie nun den Schluß, daß diese Liquoren bey dem Akt des Gefrierens nicht verdichtet, sondern verdünnt würden. Die Oele zeigten hievon nur eine Ausnahme; diese dehnten sich beym Gefrieren nicht aus, sondern blieben verdichtet, daher sanken sie auch in ihrem festen Zustande in den flüssigen Oelen zu Boden. Der Weingeist endlich ward von der Kälte ebenfalls ausserordentlich verdichtet, aber nie verwandelte er sich in einen festen Zustand.

Auch ließen die Florentiner Akademisten Wasser im luftleeren Raume gefrieren, und fanden das darin ent-

entstandene Eis gleichförmiger, dichter, weniger durchscheinend und weniger porös, als das in freyer Luft erzeugte; auch war ersteres specifisch schwerer als letzteres.

Zuletzt stellten sie noch einen Versuch mit einem von 500 Pfund Eis verfertigten hohlen Eisspiegel an, um zu erfahren, ob dieser durch Zurücksendung der Kälte auf ein in dessen Brennpunkt gestelltes sehr empfindliches Thermometer von 400 Graden wirke. Sie fanden wirklich, daß der Liquor im Thermometer merklich herabsank; doch blieb ihnen hier der Zweifel zurück, ob wegen der Nähe des Eises der Einfluß aufs Thermometer mehr durch Zurücksendung der Kälte, oder mehr durch direckt wirkende Kälte erfolge. Dieser Zweifel schien ihnen aber dadurch einiger Maassen wegzufallen, daß der Liquor im Thermometer wieder stieg, als sie den Spiegel bedeckten. Gleichwohl bemerkten sie zuletzt noch, daß man diesem Versuche noch keinen völligen Glauben beymessen könne, indem noch andere Ursachen mit im Spiele seyn könnten.

Robert Boyle z) gieng noch weiter als die Florentiner Akademisten. Er machte eine mannigfaltige Reihe von Versuchen und Bemerkungen bekannt, welche beynahe alles dasjenige umfassen, was sich nur von der Kälte und dem Froste sagen läßt. Besonders gab seine vortrefliche Schrift die Grundlage von allen denjenigen Versuchen, welche sich auf die künstliche Kälte beziehen.

Aus den Erscheinungen, welche das Wasser beym Gefrieren zeigt, schloß Boyle, daß die Leichtigkeit des

z) Historia frigoris. Lond. 1665. 8.

des Eises von den Bläschen abhange, welche sich im Innern desselben zu eben der Zeit bilden, da das Eis entsteht. Jedoch meint er, daß die sichtbaren Bläschen nicht hinreichten, dem Eise die Leichtigkeit zu ertheilen, vielmehr müßten noch eine Menge anderer von solcher Feinheit vorhanden seyn, daß man sie selbst mit den besten Vergrößerungsgläsern nicht bemerken könne. Die meisten dieser Bläschen sind aber keinesweges mit der im Wasser enthaltenen Luft angefüllt; denn es bildeten sich in dem von Luft gereinigten Wasser fast eben so viele.

Das Volumen des gefrornen Wassers fand Boyle, wie die Florentiner Akademisten, um ein Neuntel vermehrt.

Ueber die Gewalt des gefrierenden Wassers auf die Zersprengung der Gefäße, in welchen es eingeschlossen ist, hat Boyle eine große Reihe von Versuchen angestellt. Unter andern wurde ein eiserner Flintenlauf, welcher genau mit einer Schraube verschlossen war, nach zwey Stunden durch das darin gefrierende Wasser drey Zoll von der Schwanzschraube gespalten. Der Riß war schief und 6 Zoll lang. Die Anzahl der das Eis anfüllenden Blasen war so groß, daß es deßwegen keine Durchsichtigkeit besaß. Einen ähnlichen vorzüglich berühmt gewordenen Versuch stellte auch Huygens[a]) im Jahre 1667 an. Er füllte nämlich ein eisernes Rohr, einen Finger dick, mit Wasser, verschloß es an beyden Enden sehr genau, setz-

a) *Du Hamel* Academ. scient. reg. historia. lib. I. cap. III.

setzte es einem starken Froste aus, und fand dasselbe nach 12 Stunden an zwey Orten zersprungen.

Nach Boyle's Versuchen sind folgende Substanzen zum Theil gar nicht, zum Theil nur sehr schwer zum Gefrieren zu bringen: das Scheidewasser, der Weingeist, der Salpeter- und Salzgeist, das Terpentinöl, fast alle ätherische Oele; nur das Oel des thierischen Fettes hatte in einer sehr kalten Nacht seine Flüssigkeit verlohren. In Ansehung des Quecksilbers gab er sich ausserordentliche Mühe, es zum Gefrieren zu bringen, aber ohne allen Erfolg. Hiebey äusserte er jedoch den Wunsch, daß man in sehr kalten Himmelsgegenden, z. B. in Rußland oder Grönland, Versuche damit anstellen möge.

Auch zeigte Boyle, daß das Eis, selbst in der größten Kälte, ausdünste. Ein Stück Eis von 16 Unzen verlohr in einer sehr kalten Nacht 24 Grän, und während des Tages darauf und eines Theils der nächstfolgenden Nacht nur fünf Grän. Vier Unzen Eis nahmen von 11 Uhr Abends in einer kalten Nacht bis 10 Uhr des nächstfolgenden Morgens ohngefähr um 30 Grän ab, und 2 Unzen in einer Nacht, wo es stark gefror, sogar um 55 Grän.

Ferner stellte Boyle verschiedene Versuche über das Schmelzen des Eises in verschiedenen Flüssigkeiten an. Das Resultat derselben war folgendes: ein Eiscylinder von der Länge eines Zolls schmolz in Vitriolöl binnen 3 Minuten, in Weingeist binnen 13 Minuten, in Wasser binnen 26 Minuten, in Terpentinöl binnen 47 Minuten, in Baumöl binnen 52 Minuten, und in Luft binnen 152 Minuten.

Um

Um ein künstliches Gefrieren zu bewirken, bemerkte Boyle, daß hiezu in den gemäßigten Himmelsstrichen Schnee oder gestoßenes Eis allein nicht hinreiche, sondern daß man auch Salze hinzuthun müsse, z. B. Salpeter, Alaun, Vitriol, Salmiak, selbst Zucker, und Seesalz, welches letztere er unter allen am wirksamsten fand. Hiebey machte er zugleich die wichtige Entdeckung, daß alle Salze das Eis und den Schnee, womit sie vermischt werden, zum Schmelzen bringen, und daß sie nur bey diesem Schmelzen Kälte erzeugen. Hierauf versuchte er auch die aus den Neutralsalzen durch die Destillation gewonnenen Säuren. Essig- und Zuckersäure gaben ihm ein dünnes Eis, das bald wieder schmelzte; Schnee mit Salmiakgeist vermischt erzeugte Eis von geringer Festigkeit; derselbe Geist mit Vitriolöl auf Schnee gegossen brachte sehr langsam Eis hervor; da hingegen der ätzende Salmiakgeist sehr schnell Eis bildete. Der durch Kalk rectificirte Salpetergeist brachte selbst den Urin zum Gefrieren, vorzüglich wirksam zeigte sich der Salpetergeist, wenn er auf Schnee gegossen ward; durch diese Mischung verwandelte er destillirten Weinessig in ein dikkes Eis.

Die Meynungen, welche die vornehmsten Naturforscher dieses Zeitraums über die Ursache der Kälte gehabt haben, sind folgende: Cartesius [b]), der, wie bekannt, die Festigkeit als Ruhe und die Flüssigkeit als innere Bewegung der Theile annahm, suchte die Ursache der Kälte in der schwächern Wirkung seines zweyten Elements auf die Bewegung der Körper. Nach

b) Princip. philosophiae natur. P. IV. prop. 48. u. meteoror. cap. I. §. 7.

Nach ihm wirken die gröbern Theile dieses Elements stärker, die feinern schwächer. So lassen Marmor und Metalle nur die feinern Theile in ihre Zwischenräume dringen, mithin werden sie wenig bewegt, und zeigen Festigkeit und Kälte; das Wasser nimmt zwar gröbere Theile des Elements auf, welche seine eigenen Theile trennen und bewegen, im Winter aber, wenn die subtile Materie sehr fein ist, gelangen die Wassertheile zur Ruhe, legen sich unordentlich über einander, und bilden einen festen Körper oder das Eis.

Gassendi [c]) behauptet, man könne die Kälte nicht als negative Wärme oder als Abwesenheit der Wärme erklären, und führt einige, wiewohl sehr unbedeutende, Gründe an. Nach ihm muß man eine kaltmachende Materie annehmen, welche in die Zwischenräume der Körper eindringt, und die meisten flüssigen Körper in feste verwandelt, so wie die Wärme der Körper von einer warmmachenden Materie abhange. Die Veranlassung zu dieser Meynung gab ihm die damals bekannte Wirkung des Salpeters, welcher mit dem Wasser vermischt eine Kälte erzeugt; daher auch Gassendi selbst die kaltmachende Materie für Salpetertheilchen annimmt. Er sagt, die Theile dieses Salzes hätten die Gestalt eines Tetraeders; mit den dreyeckten Spitzen wirkten sie nun auf unsern Körper, und brächten dadurch die Empfindung der Kälte zuwege. Bey dem Gefrieren des Wassers sollten sich die tetraedrischen Theile an die Wassertheile ansetzen, sie gleichsam mit Stacheln auf allen Seiten umringen und in einander verwickeln. Bey den künstlichen Gefrierungen sollten die Salpetertheilchen durch die Zwischen-

c) Tractat. de meteoris in opp. T. II. p. 79.

schenräume der Gefäße in das darin befindliche Wasser eindringen.

Ausser Gassendi haben noch andere eine kaltmachende Materie angenommen, von deren Natur sie jedoch verschiedene Meynungen hegten. Cabäus[d]) hält diese Materie für Salpetergeister, und erklärt die Vergrößerung des Volumens beym Eise auf folgende Art: das gemeine Wasser sey nicht rein, sondern mit vielen spirituösen Theilen vermischt; wenn nun die Kälte auf das Wasser wirke, so vereinigten sich wegen der Gleichartigkeit diese spirituösen Theile, wodurch vermöge ihrer Natur eine Vermehrung der Wärme entstände, daher die Verdünnung des Wassers; da aber die spirituösen Theile nicht entweichen könnten, weil die Oberfläche des Wassers eine gewisse Härte erlangt habe, so sammleten sie sich innerhalb desselben in Gestalt von Bläschen an, und vergrößerten dadurch dessen Volumen.

Dechales[e]) sucht den Grund des Gefrierens in der Vermischung seiner körperlichen Theilchen (halitus), deren Natur er jedoch nicht weiter erklärt.

Otto von Guericke[f]) hält die Kälte für eine Eigenschaft, welche von dem Einflusse des Mondes auf unsere Erde abhange. Er glaubt nämlich, der Mond sey ein sehr kalter Körper, welcher beständig mit Eis überzogen wäre. Daher könne auch diese kaltmachende Eigenschaft nicht eher auf unserer Erde Wirkungen hervorbringen, als wenn die Sonnenstrahlen sehr schief

auf

d) Tractat. de meteoris.
e) Tract. de meteoris in opp. T. IV. p. 688.
f) Nova experim. Magdeb. p. 182.

auf sie fielen, d. i. im Winter. Die Blasen, welche im Eise wahrgenommen werden, erklärt er für wirkliche Luft, die von den erdigten Theilen aufsteigen, und während des Gefrierens eingeschlossen werden. Er meint, die Erde sende der Atmosphäre beständig Luft zu, und er habe gar oft sich sehr gewundert, daß, wenn er mit einem Stocke auf dem Grunde eines stillstehenden Wassers gerührt habe, eine so große Menge Luft in Gestalt von Blasen aufstiege, und sich in die Atmosphäre begäbe; beym Gefrieren würden nun diese luftigen Blasen zurückgehalten [g]).

Boyle endlich untersucht die Frage über das primum frigidum oder über die Substanz, in welcher sich das Vermögen, Kälte zu erzeugen, vorzugsweise befinden soll, umständlich. Er zeigt den Irrthum verschiedener Physiker, welche dieses Vermögen einigen Substanzen ausschließlich zugeschrieben haben. Wie könnte dies z. B. der Salpeter seyn, da andere Salze, und zuweilen die Luft selbst, geschickter sind, das Wasser zum Gefrieren zu bringen, und da der Salpeter das Eis schmilzt. Er behauptet vielmehr ganz richtig, die Kälte sey nichts weiter, als Mangel der Wärme.

Hygroskope und wässerigte Meteore.

Daß die atmosphärische Luft in Ansehung der Feuchtigkeit und Trockenheit einer beständigen Veränderung ausgesetzt ist, lehrt fast die alltägliche Erfahrung, und es konnte daher diese von jeher keinem Menschen unbekannt bleiben. Ja es mußte ein jeder sehr bald wahrnehmen, daß der feuchte und trockene Zustand der Atmosphäre auf die irdischen Körper oft einen großen Ein-

g) Nova experim. Magdeb. p. 87.

Einfluß habe. Daher ist es wohl gar keinem Zweifel unterworfen, daß schon längst das Aufschwellen und Zusammenziehen mancher Körper bey feuchter und gerade das Gegentheil bey trockener Witterung beobachtet wurde. Nur findet sich nicht, daß man sehr früh den Gedanken gehabt hätte, irgend einen Körper, der besonders bey feuchter und trockener Luft merkliche Aenderungen zeigt, zur Bestimmung der Feuchtigkeit und Trockenheit anzuwenden. Baptista Porta [h]) scheint zuerst darauf aufmerksam, wiewohl noch sehr unvollkommen, geworden zu seyn. Er bemerkte nämlich unter andern Spielen der Kinder auch dieses, daß an einer Granne vom Wildhaber mit etwas Wachs befestigte kleine Blättchen Papier bald auf die eine, bald auf die andere Seite sich wendeten, je nachdem der Zustand der Atmosphäre feucht und trocken war: alias, sagt er, ipse vidi (spectaculum) a lutentibus pueris agitatum, videlicet huic aristae copulatas cera tenaci geminas chartulas ex adverso dispositas, nunc erigi, nunc deprimi, et modo in hanc, modo in illam partem versari. So geringfügig diese Bemerkung zu seyn schien, so gab sie doch Veranlassung, auf diesen Gegenstand größere Aufmerksamkeit zu richten. Mit einer kleinen Veränderung scheint Schwenter [i]) dieses von Porta angeführte Spielwerk in folgendem Probleme auszudrücken: daß sich, sagt er, ein Pfennig auf einem Strohhalm umdrehe, nimm vom Haber ein solch Körnlein, so das Kämmlein noch hat. Der P. Maignan [k]), welcher die Erfindung und Anordnung eines Hygroskops dem Fürsten Carl aus dem Hause Medices zuschreibt, lehrte schon viel bestimmter und

h) Magia naturalis. cap. XIV.
i) Mathematische Erquickstunden. lib. 13. probl. 53.
k) Perspectiv. horar. Romae 1648. lib. I. prop. 37.

und genauer den Gebrauch der Grannen verschiedener Gewächse zur Verfertigung der Hygrometer, und suchte damit die Feuchtigkeit und Trockenheit der atmosphärischen Luft zu bestimmen. Nun fieng man auch an, nach und nach andere Körper zur sogenannten hygroskopischen Substanz zu wählen, besonders da Schwenter[l]) wahrgenommen hatte, daß ihm eine Meßschnur von 16 Fuß Länge bey dem Feldmessen binnen einer Stunde um einen Fuß von der feuchten Abendluft eingegangen war. Daher kam es, daß man anfieng, zu den hygroskopischen Substanzen hänfene Schnuren, Darmsaiten, Tannene Holzspäne, Papier u. d. g. zunehmen. So spannte der P. Mersenne eine Darmsaite in freyer Luft auf einen gewissen Ton, und schloß auf feuchtere Luft, wenn sie einen höhern Ton angab, auf trockenere hingegen, wenn sie sich tiefer herabstimmte. Solche und ähnliche Substanzen hat man zu Hygroskopen eine ziemliche Reihe von Jahren angewendet, und ihnen mannigfaltig abgeänderte äussere Formen gegeben; sie waren aber alle den damaligen physischen Kenntnissen zu Folge noch sehr unvollkommene meteorologische Werkzeuge. Es ist hier der Ort nicht, sie näher zu beschreiben. Man findet ein und die andern bey Hooke[m]), Sinclar[n]), Leupold[o]), Dalencé[p]), Sturm[q]) und Wolf[r]).

Die

l) Geometrica practica. p. 381.
m) Micrographia obs. 27.
n) Liber unus de hygroscopio et chronoscopio s. pendulo. dialog. 1. et 2.
o) Theatrum aërostatic. cap. VII, S. 288. u. f.
p) Traités des baromètres, thermomètres et notiomètres à Amst. 1688. 12.
q) Collegium experimentale s. curiosum. tentamen XIV. Norimb. 1701. 4.
r) Nützliche Versuche Th. II. Cap. VII.

Die Mitglieder der Florentiner Akademie del Cimento *) wählten eine andere Methode, die Menge der in der Luft enthaltenen Feuchtigkeit zu bestimmen. Sie hölten ein Stück Korkholz in Form eines abgekürzten geraden Kegels aus, bestrichen die innere Hölung mit Pech, und bekleideten das Aeussere mit verzinntem Eisenbleche. In die untere Oefnung dieses ausgehölten Korkes setzten sie ein konisches Glas, dessen Spitze nach unten zu gekehrt war. Hierauf füllten sie dieses Instrument mit Schnee oder klar gestoßenem Eise an, und setzten es so der freyen Luft aus; die Feuchtigkeit in der Luft schlug sich an der kältern Glasfläche nieder, welche sich nach und nach in Tropfen ansammlete, und von der Spitze des gläsernen konischen Gefäßes in ein darunter gestelltes Gefäß herabtröpfelte. Dieses Gefäß war in Grade getheilt, mithin zeigte die Menge der herabgefallenen Feuchtigkeit den größern oder geringern Grad derselben an. Dieses Hygrometer hat große Fehler, und ist daher auch nicht weiter im Gebrauch gekommen.

Die wässerichten Meteore sind ein so alltägliches Phänomen, daß schon die ersten Menschen darauf aufmerksam seyn mußten. Auch sind von jeher die Naturforscher darin einig gewesen, daß sie ihre Entstehung von den Ausdünstungen der Erde ableiteten; nur über den Gang, welchen die Natur bey Erzeugung derselben in der Atmosphäre nimmt, haben sie nicht einerley Meynungen gehabt. Man darf sich aber nicht wundern, daß die Naturforscher dieses Zeitraums bey Erklärung einiger wässerichten Meteore weiter keine

*) Tentamina etc. ed. *Musschenbroekii* P. I. p. 14. sqq.

ne großen Schwierigkeiten fanden, da ihnen noch Thatsachen fehlten, die erst in der Folge entdeckt wurden, und sie auf alle mögliche Ereignisse, welche dabey vorgehen, nicht genau genug Acht gaben.

Cartesius stellt sich die Sache so vor. Die in die Atmosphäre aufgestiegenen Wasserdämpfe werden nicht allemal durch die Kälte in Wolken zusammengebracht, sondern es wird ausserdem noch erfordert, daß entweder der Abendwind, welcher dem gewöhnlichen Laufe der Wassertheilchen entgegen ist, diese an denjenigen Stellen, wo er zu wehen aufhört, zusammentreibt, und daselbst verdichtet; oder daß zwey andre von entgegengesetzten Weltgegenden her wehende Winde die Wasserdämpfe da, wo sie an einander stoßen, anhäufen und zusammendrucken; oder auch, daß sich die erst von der Erde aufsteigenden Dämpfe mit dem untern Theile einer bereits gebildeten Wolke freywillig verbinden. Die vorzügliche Ursache der Bildung der Wolken bleibt aber doch die Kälte, als welche die Wasserdämpfe verdichtet. Geschiehet die Verdichtung der Wasserdämpfe nahe an der Erdfläche, so entstehen Nebel; Wolken und Nebel sind daher blos darin verschieden, daß jene in einer beträchtlichen Höhe in der Atmosphäre, diese aber nahe an der Erdfläche sich bilden. Nachdem nun die Kälte groß oder gering ist, nachdem enthalten die Wolken Eistheilchen oder Wassertröpfchen. Sonst können aus verschiedenen Ursachen diese Theilchen eine lange Zeit in der Luft schwebend erhalten werden, ohne herabzukommen; ja die Wärme allein vermag sie wieder zu zerstreuen, und in unsichtbaren Dampf zu verwandeln. Dagegen kann aber auch die Wärme die Wolken verdichten, besonders wenn sie aus Eistheilchen bestehen. Denn dadurch

fangen

fangen diese, besonders in der Mitte, wo sie am feinsten sind, zu schmelzen an, so daß sie sich auf beyde Seiten neigen, sich durch den Antrieb der sie umgebenden subtilen Materie mit den angrenzenden Eistheilchen vereinigen, und Flocken bilden, welche alsdann, wenn sie schwer genug sind, als Schnee auf die Erde herabfallen. Je dichter nun die Wolken waren, und je langsamer die Wärme auf sie wirkte, desto größer werden die Schneeflocken, indem alsdann die Eistheilchen näher beysammen sind, und sich mehrere mit einander verbinden können als im entgegengesetzten Falle. Kommen aber diese Schneeflocken während des Herabfallens durch Lufttheilchen, welche so warm sind, daß sie völlig schmelzen, so werden sie zu Tropfen und bilden Regen. Zuweilen kann es auch kommen, daß die auf solche Art zu Tropfen geschmolzenen Schneeflocken durchs Hinzukommen sehr kalter Winde wieder gefrieren; dann entsteht Hagel. Die Größe und Gestalt des Hagels kann übrigens gar sehr verschieden seyn. Denn wenn der Schnee wirklich schon durch Einwirkung der Wärme völlig geschmolzen ist, und sich in Tropfen gebildet hat, so wird die hinzukommende kalte Luft sie beynahe in kugelrunde vollkommen durchsichtige Eiskügelchen und zwar von verschiedener Größe, je nachdem die Schneeflocken groß oder klein waren, verwandeln, wofern nicht der kalte Wind so heftig ist, daß sie dadurch auf der einen Seite durch den Windstoß etwas platt gedruckt werden. Wäre hingegen die Bildung des bereits geschmolzenen Schnees in Tropfen noch nicht vollendet, so wird alsdann der Hagel eine hökrichte Form von mancherley Gestalten erhalten. Wegen der verschiedenen Einwirkung der Wärme auf die Schneeflocken kann es auch geschehen, daß die Eistheile in der Mitte der Flocken noch nicht

geschmolzen sind, da indessen schon die äussern liquiden Theile sich in durchsichtiges Eis verwandeln, daher oft die Hagelkörner in der Mitte einen undurchsichtigen Schneekern besitzen. Uebrigens könne der Hagel nur im Sommer, im Winter entweder gar nicht, oder doch nur selten entstehen, weil im leztern Falle nicht so viel Wärme, als zur Schmelzung des Schnees hinreichend wäre, zu den Wolken gelangen könne.

Die sechsspitzige Sterngestalt des Schnees erklärt Cartesius auf folgende Art: nach seiner Meynung entsteht der Schnee aus der Verbindung kleiner Eiskügelchen, welche durch die Gewalt der Winde in eine blätterartige Form gedruckt werden. Durch die Einwirkung der Wärme aber werden die kleinen Eisnädelchen geschmolzen, deren liquides Wasser sich über die Oberfläche des blätterförmigen Gefüges ergießt, und die etwa daseyenden Ungleichheiten ausfüllt. Wenn alsdann die Wärme keine größere Wirkung thun kann, als nur diese kleinen Eisnädelchen zu schmelzen, so wird dies wenige Wasser durch die Kälte des übrigen Körpers wieder fest gemacht. Ueberdies wird eben diese Wärme noch andere Eisnädelchen, welche sich an dem Umfange der einzelnen Eiskügelchen, wovon nicht mehr als sechs im Umkreise eines solchen Eiskügelchen liegen können, befinden, ohne Unterschied hier und dahin neigen, und auf solche Art mit ihnen in Verbindung bleiben, so daß also um jedes einzelne Eiskügelchen sechs Spitzen sich bilden, welche verschiedene Gestalten annehmen können, nachdem die Eiskügelchen mehr oder weniger groß und zusammengedruckt, und die angelegten Eisnädelchen dicht und lang sind. Erasmus Bartholin hat diese Erklärung des Cartesius über die sechsspitzige Sterngestalt des Schnees

Schnees noch näher und deutlicher entwickelt, und die Art, wie sich diese Gestalt des Schnees bilden könne, durch eine Zeichnung erläutert [t]).

Was endlich den Thau und Reif betrifft, so leitet Cartesius den Ursprung derselben von den Nebeln ab. Denn wenn die Erde erkaltet, und die Luft, die sich in den Zwischenräumen derselben aufhält, dadurch verdichtet wird, so sinkt alsdann der Nebel zur Erde herab, und bildet den Thau, wenn jener aus Wassertropfen zusammengesetzt war, im Gegentheil den Reif, wenn diese Tröpfchen bey Berührung der Erde gefrieren.

Athanasius Kircher [u]) erklärt alle Meteore überhaupt aus dem Centralfeuer der Erde. Weil nämlich unsere Erde allenthalben, sowohl in Ebenen und auf Bergen, als auch auf dem Grunde der Meere gleichsam wie ein Schwamm durchlöchert ist, so dringt durch diese Hölungen das in beständiger Bewegung befindliche Centralfeuer hervor, und treibt wässerichte Theile in die Atmosphäre auf; kommen nun diese in kalte Luftgegenden, so verdichten sie sich, bilden Wolken, und fallen aus denselben theils als Regen, theils als Hagel, theils als Schnee herab; als Regen nämlich, wenn sich die Wolken schon in Tropfen verdichtet haben, als Hagel, wenn diese Tropfen beym Herabfallen in der Luft schwebende Salpetertheile antreffen, welche eine heftige Kälte erzeugen und die Tropfen zum Gefrieren bringen, endlich als Schnee, wenn schon die Wolken durch Einwirkung von Salz- und Salpetertheilchen in eine schaumartige Materie ver-

t) Diss. de figura nivis. Hafniae 1661.
u) Mundus subterraneus. T. I. lib. IV. sect. II. cap. IX.

verwandelt sind. Hiebey ist jedoch die Wirkung der Sonnenwärme nicht gänzlich ausgeschlossen, denn diese verdünnt durch ihre Hitze die aus der Erde aufgestiegenen Dämpfe, und führt sie auf diese Art in höhere Luftregionen.

Der Thau bildet sich aus dem feinen Dampfe, welcher mit Salpetertheilchen zugleich aus dem Innern der Erde hervorgeht, und durch die Nachtkälte verdichtet als kleine Tröpfchen wieder herabfällt. Ist dieser Dampf mit andern schädlichen Dünsten vermischt, so bilden sich, besonders beym Aufgange der Sonne, die Nebel.

Dechales[v]) stellt sich vor, die Wolken bestünden aus äußerst feinen Wassertröpfchen, so wie sie durch die Sonnenwärme von der Erde in die Atmosphäre gebracht würden. Eigentliche Regentropfen enthielten sie aber nicht. Der Regen entsteht nach ihm so: die äusserst feinen Tröpfchen der Wolken würden zuerst durch die Kälte in der Atmosphäre zum Gefrieren gebracht, wodurch sich mehrere solcher gefrornen Wassertropfen mit einander verbänden und zu Schnee würden. Wenn nun dieser Schnee eine hinreichende Schwere zum Herabsinken erhalten hätte, so komme er beym Sinken nach und nach durch wärmere Luftregionen, schmelze folglich, und verwandele sich nun erst in wirkliche Regentropfen. Hieraus erhelle zugleich, warum im Sommer die Regentropfen viel größer als im Winter wären; denn in jener Jahrszeit würden die Wolken viel höher in die Atmosphäre erhoben, mithin fielen die Schneetheile von einer viel größern Hö-

v) Tractat. de meteoris in mundo mathematico T. IV.

Höhe herab, und es könnten sich daher weit mehrere, selbst schon geschmolzene Theilchen mit einander verbinden, und folglich größere Tropfen bilden, als im Winter.

Vermischte Bemerkungen in Ansehung der wässerichten Meteore.

Nachdem Otto von Guericke erwiesen hatte, daß die untern Luftregionen wegen des Drucks der noch darüber liegenden Luft dichter als die obern wären, so führt er die Bemerkung an, daß die veschiedenen Arten der Wolken, schwerere und leichtere, in der ihnen angemessenen Luftregion sich befänden; denn es sey unmöglich, daß die Wolken ohne Unterschied in verschiedenen Gegenden der Atmosphäre sich aufhalten könnten; nur diejenigen Wolken enthalte eine Luftregion, die mit ihr einerley Gewicht besäßen. So wie eine gewisse Sache im Wasser zu Boden sinke, oder in ihm aufgetrieben werde und darauf schwimme, eben so sänken die Wolken in der Atmosphäre gegen die Erde herab, oder stiegen darin auf [w]).

Ferner bemerken die Mitglieder der Akademie zu Florenz, daß man sehr leicht die Entfernung der Wolken von der Erde durch Hülfe der Fortpflanzung des Schalles ausmessen könne. Da nämlich der Schall mit gleichförmiger Geschwindigkeit fortgepflanzt werde, so dürfe man nur die Zeit zwischen dem Blitz und dem darauf erfolgten Donner genau beobachten. Weiß man nun durch Erfahrung, auf welche Weite sich der Schall in einer Sekunde fortpflanzt, so darf man nur

w) Nova exper. Magdeb. lib. III. cap. I. p. 72.

nur jene Zeit in Sekunden verwandelt mit dieser Weite multipliciren x).

Eben diese Mitglieder waren auch neugierig zu wissen, wie sich der Schnee im luftleeren Raume verhalte. Zu dem Ende brachten sie darin anfänglich eine geringe Menge des Schnees, er schmolz aber so schnell, daß sie ihn kaum anders als unter der Gestalt des Wassers sahen. Dieses so äußerst schnelle Schmelzen des Schnees trieb sie an, den Versuch mit einer größern Quantität zu wiederholen; sie formten daher einen massiven Schneecylinder, und beym Hineinthun in den Apparat, womit sie den luftleeren Raum bewirken wollten, gleitete er von ohngefähr aus der Hand desjenigen, der ihn hielt, und fiel auf das Quecksilber, worauf er schwamm; in diesem Augenblicke schmolz derjenige Theil vom Schneecylinder, welcher mit dem Quecksilber in Berührung war, sehr schnell. Aus diesem Ereignisse schlossen sie, daß das geschwinde Schmelzen des wenigen Schnees beym ersten Versuche nicht vom leeren Raume herrühre, wie sie anfänglich vermutheten, sondern daß das Quecksilber die eigentliche Ursache davon sey. Nachdem sie endlich einen gleich großen Schneecylinder wirklich in luftleeren Raum gebracht hatten, fanden sie, daß er eben so langsam wie in der Luft schmolz. Diese Versuche hatten sie im Sommer angestellt, und daher den Schnee aus Eisgruben genommen.

Verschiedene ältere Schriftsteller glaubten, daß der Thau astralischen Ursprungs sey; deßwegen suchten auch die Alchymisten große Geheimnisse in demselben.

x) Tentamina ed. *Musschenbroekii.* Par. II. p. 122.

ben. Auch ist hievon die Redensart: der Thau falle, abzuleiten. Um diese so wohlthätige Feuchtigkeit näher zu untersuchen, stellte Henschaw y) Versuche darüber an. Er fand, daß der Thau weder durch irgend einen Wärmegrad, noch durch den Sonnenschein, in welchem er den gesammleten Maythau einen ganzen Sommer hindurch gelassen hatte, in Fäulniß übergehe oder sich verändere, hingegen dies im Schatten erleide, in welchem er binnen drey Wochen sehr stinkend wurde und einen sehr schwarzen Bodensatz fallen ließ.

Als er diese in Fäulniß übergegangene Thaufeuchtigkeit bis zur Trockniß abgedampft hatte, so gab sie eine grauliche blättchenförmige Erde. In einer gläsernen Retorte durch ein heftiges Feuer geschmolzen nahm diese Erde beym Abkühlen eine feste Consistenz an, welche sie wieder verlohr, als man sie in einer Marmorschale rieb, während welcher Operation sie zugleich purpurfarben ward. Zuletzt gab sie nach öfterm Brennen und Durchseihen zwey Unzen eines schönen weissen, wie Salpeter geformten Salzes.

y) Philosoph. Transact. n. 3. p. 33.

Sechstes Kapitel.

Meynungen und Entdeckungen solcher Erscheinungen, welche von den von selbst erfolgenden Mischungsveränderungen organisirter Körper abhangen.

In diesem Zeitraume haben die Naturforscher und Chemiker die Lehre von der Gährung überhaupt ungemein vernachlässigt. Man betrachtete immer noch die Weingährung, Essiggährung, und faule Gährung oder die Fäulniß als drey von einander ganz verschiedene Naturoperationen, ob man gleich lange schon bemerkt hatte, daß die Bedingungen, unter welchen diese drey Arten von Gährungen statt finden können, ziemlich übereinstimmend sind.

Van Helmont und besonders nach ihm Robert Boyle hatten bemerkt, daß bey der Weingährung sich eine Luft entwickelt, welche erstickend ist. Allein es dauerte noch eine geraume Zeit, ehe die Natur dieses Gases genauer untersucht wurde.

Auch bey der faulen Gährung hatten van Helmont, Boyle und Otto von Guericke die Entwickelung einer Luft wahrgenommen. Otto von Guericke brachte einen kleinen todten Fisch in ein mit Wasser völlig angefülltes gläsernes Gefäß, über welches er ein becherförmiges Glas stürzte. Nach einigen Tagen, als der Fisch in Fäulniß übergieng, entwickelte sich aus ihm eine Menge Luftblasen, welche in dem Wasser in die Höhe stiegen, und sich in das

das becherförmige Gefäß ansammleten. Er bemerkt hiebey, daß die Entwickelung einer solchen Luft schneller und in größerer Menge in einem luftleeren Gefäße vor sich gehe [z]). Gleichwohl hatte er die Natur dieser neu entstandenen Luft nicht genauer untersucht.

In welcher Dunkelheit die Lehre von der Gährung überhaupt in damaliger Zeit sich befand, zeigt eine Stelle des Otto von Guericke [a]), wo er ausdrücklich sagt, daß man von den Gährungen und der gänzlichen Zerstörung der Körper noch wenig wisse.

Man war noch ganz allgemein der irrigen Meynung ergeben, daß durch die Fäulniß Thiere erzeugt würden.

Der Grund der Vernachlässigung der äußerst wichtigen Naturoperation, durch welche die Gährung erfolgt und vollendet wird, lag ohnstreitig darin, daß die eigentlichen Naturforscher sich wenig mit der Chemie beschäftigten, und alle Naturerscheinungen aus mechanischen Gründen herzuleiten suchten, die Chemiker hingegen sich die eifrigste Mühe gaben, den Stein der Weisen zu entdecken, und dabey wichtigere Untersuchungen ausser Acht ließen.

z) Experim. nova Magdeb. lib. III. cap. X. p. 87.

a) Ibid. lib. IV. cap. XVI.

Siebentes Kapitel.

Meynungen und Entdeckungen in der Lehre von der Elektricität.

Versuche mit elektrischen Körpern, welche die Elektricität beweisen.

Der englische Arzt Gilbert war der erste, welcher die merkwürdige Eigenschaft an mehreren Körpern, ausser dem Bernstein, wahrnahm, daß sie nämlich gerieben leichte Körper anziehen (Th. I. S. 238.). Etwa dreyssig Jahre nach Gilbert wurden dessen Versuche von dem Jesuiten zu Ferrara, Nicolaus Cabäus wiederholt. Dieser entdeckte noch ausserdem, daß fast alle Gummiarten, das weisse Wachs und der rohe Gyps die nämliche Eigenschaft besäßen.

Auch Otto von Guericke [b]) stellte mancherley Versuche auf eine ihm ganz eigene Art an. Er nahm nämlich eine gläserne Kugel, ließ Schwefel darin schmelzen, und brach nach dem Erkalten desselben das Glas davon ab, wodurch er eine Schwefelkugel erhielt. Diese Kugel durchbohrte er durch die Mitte, steckte eine eiserne Axe hindurch, und brachte sie so auf ein hölzernes Gestelle, um sie auf solche Art in Umlauf bringen zu können. Beym wirklichen Umdrehen hielt er die flache Hand an die Kugel, wodurch sie gerieben wurde. In dieser Veranstaltung liegt ohne Zweifel die erste noch unvollkommene Einrichtung der sogenannten Elektrisirmaschinen.

Otto

b) Nova experim. Magdeburg. lib. IV. cap. XV.

Otto von Guericke machte vermittelst dieses Apparats die wichtige Entdeckung, daß derjenige leichte Körper, welcher von einem durchs Reiben elektrisch gemachten Körper einmal angezogen war, von demselben wieder zurückgestoßen, und nachher nicht eher wieder angezogen wurde, als bis er mit einem andern Körper in Berührung gekommen war. So hielt er eine ziemlich lange Zeit eine Pflaumfeder um seine Kugel in der Luft schwebend; so bald er ihr aber die Flamme eines Lichts oder einen leinenen Faden nahe genug brachte, so flog sie sogleich zur Kugel wieder zurück, ohne von irgend einem Körper berührt worden zu seyn.

Besonders merkwürdig sind zwey von seinen angestellten Versuchen, welche sich auf eine gewisse Eigenschaft der Elektricität gründen, die erst in den neuern Zeiten ihr gehöriges Licht erhalten hat, daß nämlich Körper, welche in elektrische Atmosphären gebracht werden, selbst Elektricität erhalten, und zwar eine solche, die der Elektricität der Atmosphäre gerade entgegengesetzt ist. Er nahm wahr, daß die Pflaumfeder, welche von der Kugel zurückgestoßen war, beständig nur eine Seite gegen dieselbe kehrte, so wie der Mond gegen die Erde, und daß Fäden, welche in einer geringen Entfernung von seiner durchs Reiben elektrisch gemachten Kugel hiengen, öfters zurückfuhren, wenn er seinen Finger nahe genug gegen dieselben brachte.

Uebrigens bemerkte Otto von Guericke auch den Laut und das Licht, welche seine Kugel durchs Elektrisiren von sich gaben; beydes nahm er aber in einem sehr geringen Grade wahr; denn um den elektrischen Schall zu hören, mußte er sein Ohr nahe an die

die Schwefelkugel halten, und den elektrischen Schein beobachtete er besonders zur Nachtzeit, und vergleicht ihn mit demjenigen Lichte, welches man beym Aneinanderreiben des Zuckers im Dunkeln wahrzunehmen pflegt.

Fast um eben diese Zeit stellten auch die Mitglieder der Akademie zu Florenz einige elektrische Versuche mit Bernstein und Edelgesteinen an. Sie bemerkten, daß die Flamme vom geriebenen Bernstein nicht angezogen wurde, sondern daß sie vielmehr die Kraft des Bernsteins in etwas schwächte; ferner, daß alsdann alle elektrische Körper keine Kraft äusserten, wenn sie auf glänzenden oder geglätteten Körpern, als Glas, Crystall, Elfenbein, polirtem Metall, gerieben wurden; und endlich, daß alle flüssige Körper, selbst das Quecksilber nicht ausgenommen, angezogen würden [c]).

Robert Boyle [d]) in England beschäftigte sich ebenfalls mit diesem Gegenstande. Seine angestellten Versuche lehrten ihn noch einige elektrische Substanzen kennen, die vor ihm unbekannt waren; besonders aber richtete er seine Aufmerksamkeit auf einige das elektrische Anziehen betreffende Umstände, welche der Beobachtung seiner Vorgänger entgangen waren, wozu ihm besonders eine von ihm entworfene Theorie Veranlassung gegeben hatte.

Er fand, daß der harte dem Bernstein ähnliche Rückstand, welcher nach dem Abdampfen eines guten Terpentins zurückbleibt, die rückständige harte Masse nach

c) Tentamina etc. ed. *Musschenbroekii.* P. II. p. 81. sqq.
d) De mechanica electricitatis productione. Genev. 1694. 4. p. 135. sqq.

nach der Destillation des Gemisches aus Bergöl und Salpetergeist, das aus der Spiesglanzasche bereitete Glas, das Bleyglas, das caput mortuum von Bernstein, und der Carniol, elektrisch waren; an den Smaragd hingegen konnte er diese Eigenschaft nicht wahrnehmen, und Glas besaß selbige, seiner Meynung nach, nur in einem sehr geringen Grade.

Er bemerkte, daß alle elektrische Körper eine größere elektrische Kraft zeigten, wenn er sie vor dem Reiben rein abwischte und erwärmte. Auf solche Art war er im Stande, eine frey schwebende stählerne Nadel durch einen elektrischen Körper, welcher die Dicke des Durchmessers einer Erbse besaß, noch drey Minuten nachher, als er denselben zu reiben aufgehört hatte, in Bewegung zu bringen. Ueberdem fand er es rathsam, die Oberflächen der elektrischen Körper recht glatt machen zu lassen, den einzigen Fall mit einem gewissen Demant ausgenommen, welcher nach seiner Versicherung eine weit stärkere elektrische Kraft besaß, als irgend einer zu den nämlichen Versuchen gebrauchter, ohnerachtet derselbe rauh war.

Ferner fand er, daß Körper, in welchen die Elektricität erregt war, Sachen ohne Unterschied, sie mochten elektrisch seyn oder nicht, anzögen. So zog der Bernstein nicht allein allerhand leichte Körper, sondern auch selbst Bernsteinpulver und kleine Stücken davon an. Er führt dies als eine besondere Eigenschaft der elektrischen Körper an, zum Unterschied von der Eigenschaft des Magnets, welcher blos das Eisen anziehe. Er beobachtete, daß der Rauch in einer ziemlichen Entfernung von seinen elektrischen Körpern angezogen wurde, und bemühete sich zu erklären, war-

um

um die Flamme sich nicht merklich gegen den elektrischen Körper bewege, welche Gilbert von denjenigen Körpern, auf welche die Elektricität eine Kraft äussere, ausnahm.

Es ist wohl natürlich, zu vermuthen, daß ein solcher Beförderer der Wissenschaften, wie Boyle war, es nicht unterlassen würde, auch einen Versuch mit elektrischen Körpern im leeren Raume anzustellen. Boyle hatte sich bereits eine Theorie über die damals bekannten elektrischen Erscheinungen entworfen; um nun diese zu bestätigen oder zu widerlegen, ward er veranlaßt, auch zu erfahren, ob die elektrische Kraft im luftleeren Raume wirke, oder nicht. Zu dem Ende hieng er ein Stück eines durchs Reiben elektrisch gemachten Körpers in einen gläsernen Recipienten auf, unter welchem leichte Körper, z. B. Spreu, sich befanden; nachdem nun die Luft gehörig verdünnt, und der elektrisirte Bernstein gegen die leichten Körper herabgelassen war, so bemerkte er, daß diese eben so gut, wie in der freyen Luft, angezogen wurden.

Ferner stellte Boyle einen Versuch an, um daraus zu erkennen, ob ein durchs Reiben elektrisch gemachter Körper von andern Körpern eben so stark angezogen würde, als jener diese anziehet. Zu dieser Absicht hieng er den elektrisch gemachten Körper auf, und näherte demselben einen andern Körper; hier fand er, daß jener von diesem merklich angezogen ward.

Auch sahe Boyle das elektrische Licht, wiewohl in sehr geringem Grade; denn als er einen Demant, welchen Clayton aus Italien mitgebracht hatte, gegen eine gewisse Art von Zeug rieb, so leuchtete er im

Fin-

Finstern, wobey er zugleich den Demant elektrisch fand. Diese Eigenschaft beobachtete er auch an verschiedenen andern Demanten.

Diese bisher angeführten wenigen Versuche des Boyle beziehen sich blos auf das elektrische Anziehen. Von dem elektrischen Abstoßen fügt er nur noch diese Bemerkung bey, daß leichte Körper z. B. Pflaumfedern, nachdem sie von seinen elektrisch gemachten Körpern waren angezogen worden, an seinem Finger und an andern Körpern hangen blieben.

Diese kurze Erzählung der elektrischen Versuche, welche in diesem Zeitraume von so wenigen angestellt wurden, beweiset, daß zwar die Untersuchungen über diesen wichtigen Gegenstand der Anzahl nach gering, aber doch von Erheblichkeit waren, um die nachfolgenden Naturforscher desto mehr zur Anstellung neuer Versuche aufzumuntern, und dadurch Mittel zu entdecken, die Wirkungen der Elektricität in einem weit höhern Grade hervorzubringen. Mit welchem glücklichen Erfolge dies ausgeführt ist, wird die Folge dieser Geschichte lehren.

Meynungen über das Wesen der Elektricität.

Cabäus glaubte, daß die durchs Reiben aus den elektrischen Körpern ausgehenden Ausflüsse die zunächst anliegende Luft fortstoßen, welche aber wegen des Widerstandes der entferntern Luft, auf welche die elektrischen Ausflüsse nicht wirken, in eine kleine Wirbelbewegung versetzt wird, mithin die Ausflüsse nicht weiter zu gehen verstattet, die folglich schnell wieder zu den elektrischen Körpern zurückkehren, und bey ihrer Rückkehr leichte Körper mit sich nehmen.

Gassendi stellt sich die Ausflüsse wie Strahlen vor, welche nach allen möglichen Richtungen aus den elektrischen Körpern ausgehen, sich folglich unterweges stören, und dadurch genöthigt werden, wieder zu den elektrischen Körpern zurück zu gehen; sind nun leichte Körper in der Nähe, so dringen diese Ausflüsse in die Poren derselben ein, und reissen sie mit sich fort.

Cartesius [e]) verwirft alle Hypothesen, welche das elektrische Anziehen aus den Ausflüssen erklären, weil sie sich seiner Meynung nach beym Glase, welches ebenfalls ein elektrischer Körper sey, nicht anwenden ließen. Dieser stellt sich vielmehr die Sache so vor: in dem Glase giebt es ausser den größern Zwischenräumen, in welche die Kügelchen seines zweyten Elements eindringen können, noch andere länglichte Spalten, welche aber so eng sind, daß sie jene Kügelchen nicht einlassen, und folglich nur der feinen Materie seines ersten Elements den Durchgang verstatten. Daher sey es gedenkbar, daß diese feine Materie die Gestalt der Gänge annehme, durch welche sie sich bewege, mithin gleichsam die Form der Pfeile erhalte. Da nun dergleichen ähnliche Spalten in der umgebenden Luft nicht anzutreffen sind, so entferne sich die feine Materie in der angezeigten Gestalt nicht weit vom Glase, sondern wälze sich um die am Glase angrenzenden Lufttheile in einer kreisförmigen Bewegung herum, und gehe auf solche Art aus der einen Spalte des Glases in die andere über. Weil aber die Theilchen der feinen Materie ungleich bewegt sind, so könne man sich vorstellen, daß die kleinsten und am stärksten bewegten Theilchen dieser Materie beständig aus dem Glase in die Luft giengen, und andere an deren Stelle aus

e) Princip. philos. Part. IV.

aus der Luft ins Glas zurückkehrten; aber auch diese zurückkehrenden sind nicht alle gleich bewegt, mithin werden diejenigen, welche die geringste Bewegung haben, gegen die Spalten im Glase hingetrieben, verbinden sich daselbst mit andern, und bilden so die pfeilförmigen Gestalten, welche sich mit der Zeit nicht leicht ändern können. Wenn also das Glas hinlänglich gerieben und dadurch warm wird, so gehen sie aus dem Glase heraus, ohne sich weit von demselben entfernen zu können, weil die Luft ihnen keinen Durchgang verstattet; sind aber Körper in der Nähe, die ähnliche Spalten wie das Glas besitzen, so dringen sie zum Theil in diese ein, und reissen sie zugleich mit nach dem Glase zurück.

Was aber beym Glase statt finde, das gelte auch von mehreren andern Körpern, daher sey es gar keinem Zweifel unterworfen, daß auf diese Art das elektrische Anziehen der Körper erfolge.

Boyle nimmt elektrische Ausflüsse von klebrichter Natur an, welche leichte Körper unterweges ergreifen, und bey ihrem Zurückkehren nach den elektrischen Körpern mit sich fortreissen.

Achtes Kapitel.

Meynungen und Entdeckungen in der Lehre vom Magnetismus.

Versuche und Beobachtungen.

Es ist schon im ersten Theile (Kap. 7. S. 243. f.) angeführt worden, daß vorzüglich der englische Arzt Gilbert einen guten Grund in der Lehre vom Magnetismus gelegt hat, auf welchem alle nachfolgenden Naturforscher gebauet haben. Nach Gilbert schrieb der Jesuit Cabäus ein Werk vom Magnet, in welchem sich einige Versuche finden, die Gilberts Schrift nicht enthält.

Cabäus fand, daß der Magnet das nicht verrostete Eisen stärker als das rostige anziehet; stärker das gehärtete als das weiche; stärker das geschmiedete als das gegossene, und endlich am stärksten dasjenige, welches oft magnetisch geworden ist.

Er bemerkte ferner, daß die Pole des Magneten das Eisen an den Enden, die Seiten desselben aber in der Mitte anziehen, und daß ein Stück Eisen vermittelst seiner Grundfläche am Magnet stärker hängt, als vermittelst seiner Spitze.

Wenn er statt Zwey Pfund Eisen, welche ein Magnet tragen konnte, nur Ein Pfund und ausserdem ein halb Pfund Bley anbrachte, so wurde diese Zusammensetzung vom Magnet nicht mehr getragen.

Er

Er machte die Beobachtung, daß die Kraft eines Magnets entweder durch die Vereinigung mit einem andern, oder auch nur durch die Annäherung an denselben verstärkt ward, er mochte die Pole oder die Seiten zusammenbringen, oder auch den zweyten über dem Eisen, welches der erste trug, aufhangen, wenn nur die ungleichnamigen Pole einander entgegengesetzt waren, und das Eisen dazwischen lag; dagegen fand er die magnetische Kraft vermindert, wenn in der leztern Lage die gleichnamigen Pole gegen einander gekehrt waren, oder wenn er zur Seite die freundschaftlichen Pole einander näherte.

Cabäus nahm feine eiserne Nadeln, welche nicht magnetisirt waren, legte sie auf Wasser, und nahm wahr, daß sie von freyen Stücken sich in den magnetischen Meridian versezten. Auch beobachtete er, daß erhiztes Eisen während des Abkühlens die magnetische Kraft annahm, wenn es vertikal stand, oder im magnetischen Meridian sich befand.

Ein Eisendrath, welchen er von dem einen Ende mit einem Magnet berührte, bekam an jedem Ende zwey verschiedene Pole; dagegen erhielt er an jedem Ende nur einen und den nämlichen Pol, wenn er den Magnet in der Mitte des Drathes anbrachte. Der Pol, welchen das eine Ende des Drathes durch die erste Berührung erhalten hatte, ward durch eine zweyte Berührung verwechselt oder der Südpol ward zum Nordpol, und umgekehrt.

Er beobachtete, daß der Magnet dem Eisen die magnetische Richtung nach der größten Länge desselben mittheilte.

Cabäus war der erste, welcher entdeckte, daß die eisernen Werkzeuge, deren man sich beym Feuer bedient, z. B. die Feuerzangen, an dem untern Ende, welches dem Feuer ausgesetzt gewesen ist, die magnetische Kraft annehmen; denn wenn er sie horizontal aufhieng, so drehete sich dieses Ende nach Norden zu, und zog die Spitze einer Nadel an.

Auch bemerkte er, daß das Eisen bey der vertikalen Stellung magnetisirt wurde. In dieser Lage fand er die eisernen Fensterstäbe am untern Ende nördlich, und am obern südlich.

Einige Jahre nach des Cabäus Schrift erschien das weitläuftige Werk des Paters Athan. Kircher [f]), welches unter manchem Guten viel Schlechtes enthält.

Unter andern Methoden, die Kraft des Magnets beträchtlich zu verstärken, führt er folgende sehr sonderbare an: man soll den Magnet zwischen zwey trockene Blätter des europäischen Kermes, oder der Isiatis sylvaticae bringen. Er versichert, daß diese Methode, so neu und unglaublich sie auch seyn möchte, ihre völlige Richtigkeit habe. Kircher sucht diese Wirkung aus den durch die Hitze versammleten Eisentheilchen zu erklären, weil aus der Pflanzenasche augenscheinlich erhelle, daß sie Eisentheilchen besitze [g]).

Er bemerkte, daß der Magnet mit einer gleichen Kraft sowohl auf das kalte als auch auf das erhitzte Eisen wir-

f) Magnes s. de arte magnetica opus tripartitum 1634. ed. 2da. Colon. Agrip. 1643. 4.

g) Ibid. lib. I. pars II. prop. XIV. theor. XIV. regula III.

wirke. Die Ursache hievon leitet er daher ab, weil das Eisen in der Glühhitze nicht vernichtet, sondern vielmehr reiner dargestellt werde [h]). Diesen nämlichen Versuch machte ein gewisser Sam. Colepreß dem damaligen Sekretair der königlichen Societät zu London, Oldenburg, im Jahre 1667 als eine Neuigkeit bekannt (von Kirchers Versuche wußte er vermuthlich nichts). Dieser Colepreß fand, daß ein nicht polirter Magnet von mäßiger Kraft einen glühend gemachten Schlüssel so stark anzog, daß er so lange daran hängen blieb, bis er ihn abnahm. Hiernächst brachte er den nämlichen Magnet ins Feuer, und ließ ihn so lange darin, bis er durchaus glühete, und seine schwarze Farbe in eine rothe verwandelt hatte; hier nahm er ebenfalls wahr, daß der glühende Magnet einen kalten noch unberührten eisernen Schlüssel anzog, wiewohl nicht so stark wie im vorigen Falle. Nach zwey bis drey Tagen fand er diesen Magneten noch eben so stark, als er vor dem Glühen gewesen war. Aus diesen Versuchen schloß also Colepreß, daß das Feuer die magnetische Kraft in etwas schwäche, aber doch dem Magnetsteine dieselbe nicht gänzlich raube [i]).

Kircher zeigte ferner eine Methode, die anziehende Kraft des Magneten mit Hülfe einer Wage zu bestimmen, oder sie gleichsam abzuwägen. In die eine Schale ward nämlich ein Magnet gehörig befestigt, und durch ein Gegengewicht in der andern Schale ins Gleich-

h) Magnes s. de arte magneti opus tripartitum. lib. I. pars II. theor. XXXI.

i) Acta philosophica societatis regiae in Anglia auct. *Oldenburgio*. Lips. 1675. 4. p. 406.

Gleichgewicht gebracht; hiernächst ward der Magnet mit einem eisernen Stabe belastet, welchen er zu halten vermochte; da nun auf solche Art die Wage auf dieser Seite einen Ausschlag gab, so ward in die andere Wagschale so viel Sand nach und nach zugeschüttet, bis der Magnet sich vom Eisen loßriß; das Gewicht dieses Sandes gab die Größe der magnetischen Kraft an. Auf solche Art, meint er, könne man finden, wie viel stärker die Kraft des Nordpols als die des Südpols, und die eines bewafneten Magnets als die eines unbewafneten sey [k]).

Kircher lehrt, wie man den Mittelpunkt der magnetischen Kraft bey verschiedentlich gestalteten Körpern finden könne [l]).

Er zeigt ferner, wie man mit Hülfe der Magneten verschiedene Kunst- und Spielwerke verfertigen könne. So lehrt er die Verfertigung der Nadeln und Boussolen, so wie aller folgenden Instrumente mittelst des Magnets; ein Astrolabium, einen Almanach, eine immerwährende Uhr, welche Tag und Nacht die babylonischen, italiänischen, astronomischen und andere Stunden zeigt; ein Graphometer, um Flächen aufzunehmen; ein Instrument, um unter der Erde den Punkt zu finden, welcher senkrecht einem andern Punkte auf der Oberfläche correspondirt; einen Wegmesser, welcher den zurückgelegten Weg anzeigt, ohne das Instrument anzurühren; eine Zodiakaluhr, um die Abweichung, den Auf- und Untergang der Sonne, die

k) Magnes s. de arte magnetica opus lib. II. pars I. prop. VI. VII. VIII.

l) Ibid. lib. II. pars I. progymnasma II. probl. I. sqq.

die Länge der Tage, die Dämmerungen u. s. w. zu wissen; ein Perpetuum mobile, indem er eine Kugel in einer gläsernen Sphäre so aufhängt, daß die Kugel in 24 Stunden beständig sich herum bewegt.

Er besaß Statuen, welche mittelst des Magnets und einer gewissen Zusammensetzung von Spiegeln zu gehen schienen; eine Maschine, oder Statue, welche durch ihre Bewegung den Wind anzeigte. Er zeigte einen Streit zwischen Sandkörnern; ein Zusammenstoßen zweyer Widderköpfe; einen Igel von Eisen; einen Automat, welcher Fragen beantwortet; ein Mittel, seine Gedanken durch den Magneten mitzutheilen, und sich mit Personen, die mehrere Meilen entfernt sind, zu unterhalten; eine Kugel, mit welcher man überall eine Mittagslinie ziehen konnte.

Alle diese Maschinen gaben ihm Veranlassung zu beweisen, daß der eiserne Wagen, welcher nach der Erzählung gewisser Geschichtschreiber in den Serapistempel zu Alexandrien vermittelst des Magnets aufgehängt war, desgleichen die Statue der Arsinoe und das Pferd des Bellerophon nichts anders als Fabeln sind [m]).

Otto von Guericke [n]) machte die Entdekkung, daß ein Eisendrath magnetisch werde, wenn man ihn auf dem Ambos in den magnetischen Meridian lege, und mit einem Hammer seine beyden Enden

m) Magnes s. de arte magnetica opus lib. II. pars I. progymnasma IV. sqq. Pars II. III. IV.

n) Nova experim. Magdeburg. lib. IV. cap. VII. p. 125.

den schlage; denn wenn er alsdann horizontal aufgehangen werde, so nehme er die Richtung der Magnetnadel an.

Ueberdem machte er auch die Beobachtung, daß die stählernen Werkzeuge, deren man sich zur Durchbohrung des Eisens bedient, durch öftere Wiederholungen dieser Operation magnetisch werden. Ja alle eiserne Fensterstäbe erhielten nach 5 und mehreren Jahren in der freyen Luft die magnetische Kraft; diese Stäbe möchten entweder in der Mittagslinie in horizontaler Lage befindlich gewesen seyn, oder sie möchten vertikal gestanden haben; in dem letztern Falle wäre nämlich das untere Ende nördlich, das obere südlich.

Die Mitglieder der Akademie zu Florenz stellten auch verschiedene Versuche mit Magneten an. Unter andern brachten sie eine Magnetnadel in luftleeren Raum; nachdem sie ihr nun von aussen einen Magnet näherten, so nahmen sie wahr, daß jene in der nämlichen Entfernung angezogen wurde, wie im luftvollen Raume o).

Boyle wiederholte unter andern Versuchen auch den, welchen Otto von Guericke gemacht hatte, daß nämlich ein Eisendrath magnetisch werde, wenn er an beyden Enden auf dem Ambos gehämmert werde. Hiebey führt er aber noch das besondere an, daß dieser Drath sogleich seine magnetische Kraft verliehre, wenn er von der Mitte aus, seiner Länge nach, drey bis viermal auf einen Ambos hin und her geführt werde p).

Auch brachte er eine Magnetnadel unter den Recipienten seiner Maschine, und beobachtete ebenfalls, daß

o) Tentamina etc. ed. *Musschenbroekii*. P. I. p. 89.

p) De mechanica magnetismi productione exper. XV.

daß die elektrische Krafe im luftleeren Raume nicht geschwächt ward[q]). Ausserdem wurde er veranlaßt, noch einen andern Versuch im luftleeren Raume anzustellen. Es lehrten nämlich damals verschiedene Naturkundige, daß die Ursache des Anziehens und Festhaltens des Eisens vom Magnet vorzüglich von der umgebenden Luft abhange; denn diese werde von den magnetischen Ausflüssen fortgestoßen, und begebe sich zwischen die Theile des nahe gebrachten Eisens, wodurch diese comprimirt würden. Um nun diese Meynung näher zu untersuchen, hieng er einen kleinen Magneten in den Recipienten auf, und belastete ihn mit so vielem Eisen, als er zu halten vermochte. Hierauf ließ er die Luft aus dem Recipienten herausziehen; allein der Magnet hielt das Eisen noch eben so fest, wie im luftvollen Raume; nachdem er aber mit dem Exantliren fortfuhr, so fiel endlich das Eisen vom Magnet herab. Boyle schloß aus diesem Versuche, daß die Luft wenigstens zum Festhalten des Eisens beyzutragen scheine, wenn sie auch nicht die Ursache des Anziehens wäre[r]). Dagegen errinnert aber Musschenbroek[s]) ganz richtig, daß das Herabfallen des Eisens vom Magnet wohl mehr der Erschütterung der pnevmatischen Maschine als der Abwesenheit der Luft zuzuschreiben sey, besonders, da im leeren Raume das Eisen schwerer als im luftvollen sey.

Im Jahre 1666 stellte D. Hooke bey einer Versammlung der königlichen Gesellschaft zu London Ver-

q) Nova experim. de vi aëris elastica. exper. XVII.

r) Experimento - physico - mechanicorum continuatio I. exp. XXXI.

s) Diss. de magnete in seinen Diss. Lugd. Batav. 1729. 4. p. 64.

Versuche über die magnetische Kraft eines Magneten an, welche folgende Resultate gaben.

Entfernung des Anziehens.	Gewicht des Eisens.
4 Zoll	$\frac{1}{8}$ Gran
2 —	$39\frac{3}{4}$ —
1 —	$48\frac{7}{8}$ —
$\frac{1}{2}$ —	$57\frac{6}{8}$ —
$\frac{1}{4}$ —	$104\frac{1}{16}$ —
$\frac{1}{8}$ —	$197\frac{4}{8}$ —

Als sich eine dünne Stahlplatte zwischen dem Magneten und dem Eisen befand, mußte jedes Gewicht um 14 Gran vermindert werden.

Magnetnadel.

Cabäus bemerkte, daß der Nordpol einer Magnetnadel stärker als der Südpol sey. Wenn er das Ende eines kleinen nicht magnetisirten Eisenstabes in vertikaler Richtung an die Spitze der Magnetnadel brachte, so zog er, wenn er sich unter der Nadel befand, die nördliche, wenn er über demselben war, die südliche Spitze derselben an. Lag dieser Stab horizontal, und seiner Länge nach im magnetischen Meridiane, so zog er mit dem nach Norden gekehrten Ende die südliche Spitze der Nadel an, und umgekehrt, er mochte den Stab über oder unter die Nadel halten. Lag er hingegen in einem Parallelkreise, so äusserte er diese anziehende Kraft nicht. Hatte der Stab eine senkrechte Richtung, so zog er die südliche Spitze der Nadel mit demjenigen Ende, welches sich zunächst beym Magnete befand, die nördliche Spitze aber mit dem andern.

Legte

legte er eine kleine runde Eisenplatte auf den Pol eines Magneten, so richtete sich die nördliche Spitze der Nadel nach dem Mittelpunkte der Platte, und blieb so lange in dieser Richtung, als sich der Magnet hinter der Platte befand. Sobald er den Magnet wegnahm, drehete sich die Nadel herum, und richtete die entgegengesetzte Spitze nach der Mitte der Platte.

Zwey Nadeln, welche horizontal neben einander gebracht wurden, verblieben in dieser Lage, obgleich die gleichnahmigen Spitzen einander genähert waren. War die eine Nadel über der andern angebracht, indem die ungleichnahmigen Spitzen nach einerley Seite hingerichtet waren, so dreheten sich die Nadeln herum.

Kircher führt schon an, daß die Abweichung der Magnetnadel an ein und demselben Orte nicht beständig sey. Er stellte hierüber verschiedene gesammlete Beobachtungen zusammen, die für die Orte des mittelländischen und des Weltmeeres von Lissabon an bis nach China und Brasilien insgesammt von den Jesuiten, für die nördliche Gegend von den Engländern und Holländern, und endlich für ganz Europa angestellt waren. Alle diese Beobachtungen hat er in eine tabellarische Form gebracht.

Ueberdem erzählt Kircher, einer seiner Freunde habe zu Neapel nach einem Auswurfe des Vesuvs eine große Veränderung in der Abweichung der Magnetnadel bemerkt.

Im Jahre 1666. wurden in einer Versammlung der königlichen Societät zu London unter andern fol-

gende beyde Fragen zur weitern Untersuchung vorgelegt: 1. ob es möglich sey, eine Nadel mit einem Magneten so zu berühren, daß sie sich frey überlassen nicht mit der einen Spitze gegen Norden, und mit der andern gegen Süden wende, und 2. ob verschiedene Magnete der Nadel eine verschiedene Richtung ertheilten, oder ob eine gelinde oder stärkere Berührung mit ein und demselben Magnete eine Verschiedenheit in der Richtung der Magnetnadel bewirke? Herr Sellers beantwortete diese Fragen auf folgende Art: was nämlich die erste Frage betreffe, so habe er sich die äusserste Mühe gegeben, alle nur mögliche Stellen eines Magneten mit der Nadel zu berühren, es sey ihm aber nicht möglich gewesen, eine Veränderung in der Richtung der Nadel dadurch zu bewirken. In Ansehung der zweyten Frage habe er verschiedene Nadeln von ungleichen Längen mit verschiedenen Magneten auf eine gleiche Art berührt, sie hätten aber alle einerley Richtung erhalten. Ueberdem habe er einmal eine Nadel über dem Pol eines Magneten innerhalb seines Wirkungskreises hingeführt, ohne den Stein zu berühren, und er habe gefunden, daß die Nadel magnetisch geworden sey, und die nämliche Richtung wie der Magnet erlangt habe, gerade so, als wenn sie von dem Magnet selbst wäre berührt worden. Auch habe er einige Nadeln mit dem Magnet gelinde, andere aber stärker berührt, sie alle aber von gleichem Effekt gefunden. Hieraus schließt Sellers, daß es auf das schwache, starke und selbst auf das oft wiederholte Berühren der Nadel mit dem Magnet gar nicht ankomme; in allen diesen Fällen erhielten sie einerley Stärke und einerley Richtung; vielmehr sey die Ursache der Verschiedenheit der Nadeln in Ansehung ihrer Wirkung, welche ihnen durch den Magnet mitgetheilt wür-

würde, in der Natur des Stahls und seiner Mischung zu suchen.

Zuletzt führt Sellers noch die merkwürdige Bemerkung an, daß er überzeugt sey, man könne eine Nadel auch ohne Hülfe eines Magneten oder irgend einer Sache, der schon der Magnetismus mitgetheilt sey, magnetisch machen [t]). Die Mittel dazu sind aber erst im 18ten Jahrhunderte entdeckt worden.

Meynungen über die Ursache des Magnetismus.

Kircher leitet die Ursache der anziehenden Kraft des Magneten von magnetischen Strahlen, welche von dem Magnet nach allen möglichen Richtungen ausgehen, her; sobald nämlich Eisen in den Wirkungskreis eines Magneten komme, so werde es selbst magnetisch, und weil alsdenn beyde vermöge der Sympathie sich mit einander zu vereinigen strebten, so würde auch diese Vereinigung gerade da erfolgen, wo sie die meiste Neigung gegen einander hätten. Daß aber der Magnet keine andern Körper, als Eisen, an sich ziehe, rühre daher, weil nur homogene Dinge ein inneres Bestreben nach Vereinigung zeigten.

Auch Gassendi [u]) nimmt magnetische Strahlen, welche von dem Magnet ausgehen, an; erreichen diese das Eisen, so dringen sie in die Poren desselben ein, und comprimiren die soliden Eisentheile, wodurch eine gegenseitige Anziehung des Eisens und des Magneten erfolgt.

Cartesius [v]) war der erste, welcher eine eigene Materie annahm, die aus dem Nordpol in den Südpol

t) Acta philosophica societatis regiae in Anglia auct. *Oldenburgio* p. 384.
u) Opera. T. II.
v) Princip. philos. P. IV.

pol überströmt. Er dachte sich diese Materie in Gestalt feiner Schräubchen oder Spiralen. Eine andere ähnliche aus Schräubchen bestehende Materie, welche nach der entgegengesetzten Seite gewunden sind, ströme aus dem Südpol in den Nordpol. Das Eisen besitze ausgehölte Canäle, wie Schraubengänge gewunden, von zweyerley Arten, jede für eine der gedachten Materien passend. Dergleichen Canäle sind entweder wirklich schon vorhanden, oder die Materie bildet sie erst zwischen den nachgebenden Fäserchen des Eisens. Da aber die aus den Polen strömenden Materien Widerstand in der Luft finden, so bilden sie Wirbel, und gehen an beyden Seiten des Magnets in den andern Pol durch krumme Linien zurück.

Hieraus erklärt nun Cartesius, wie die Wirbel der Erdkugel jedem Magneten die Richtung geben, wie eben dies erfolgt, wenn man zwey Magneten an einander bringt, wie alsdann Anziehung erfolgt, wenn die freundschaftlichen Pole zusammenkommen, und die Wirbel beyder Magnete in einen einzigen zusammengehen, wie dagegen Zurückstoßung entsteht, wenn die aus feindlichen Polen strömenden Materien sich Platz zu ihren Wirbeln machen müssen, wie sich die beyden Segmente eines durch die Pole getheilten Magnets fliehen, wie ein Magnet dem Eisen magnetische Kraft mittheilen könne u. s. f. — Dieses System ist schon deßwegen höchst unwahrscheinlich, weil dabey so viel willkührliches vorausgesetzt wird; und ausserdem widerspricht der angenommene Widerstand der Luft den Versuchen, welche im luftleeren Raume eben so erfolgen. Indessen hat man doch seitdem fast allgemein eine magnetische Materie angenommen, und daraus die magnetischen Erscheinungen abzuleiten gesucht.

Geschichte

Geschichte der Physik

seit der

Wiederherstellung der Künste und Wissenschaften.

Zweyte Periode.

Geschichte der Physik von Newton bis auf gegenwärtige Zeiten.

Digitized by Google

Erste Epoche.

Geschichte der Physik innerhalb Newton's Zeitraume.

Aus der bisherigen Erzählung der Entdeckungen in der Naturlehre erhellet zur Genüge, daß sie unter den Händen eines Cartesius, Pascal, Otto von Guericke, Robert Boyle, Huygens und mehrerer Andern beträchtliche Fortschritte gemacht hatte. Cartesius System war durch den Sieg über die aristotelische Philosophie in ein so großes Ansehen gekommen, daß es fast ein vergebliches Unternehmen zu seyn schien, demselben ein anderes System entgegen zu stellen. Es erklärte auf eine sehr einnehmende Art so viel, daß man es beynahe für unmöglich hielt, etwas gründlicheres und den Naturerscheinungen angemesseneres aufzustellen. Indessen ward doch der große Engländer Isaak Newton durch eine scheinbare Kleinigkeit, wie bald mit mehrerem angeführt werden soll, veranläßt, über die Naturerscheinungen auf eine ganz andere Art zu philosophiren, welche sich ganz auf Erfahrung gründet. Denn er erkannte sehr wohl, daß des Cartesius System die Naturerscheinungen aus bloßen Hypothesen erkläre, und daß man überhaupt beständig in der Irre herumgeführt werde, wenn man bey der Betrachtung der Natur den Weg

der Erfahrung verläßt. Durch diese vortrefliche Methode entsprangen zwar weniger Erklärungen aus den Ursachen, dagegen wurde aber das Gebiet der Naturlehre durch unbezweifelte Thatsachen und Gesetze ungemein erweitert, und im Zusammenhange dargestellt. Newton erwies seine Naturgesetze, welchen Erfahrung zum Grunde lag, mit Hülfe der erhabensten Geometrie, daher auch seine Schriften, besonders bey ihrer gedrängten Kürze, einen Leser erfordern, welcher in der höhern Mathematik geübt ist. Zwar fand anfänglich sein aufgestelltes System sehr viele Widersprüche, wie es jeder neuen Sache zu gehen pflegt, allein in der Folge ist es durch so viele unbezweifelte Beobachtungen so allgemein bestätigt worden, daß es selbst zum Beweise vieler andern Sätze zum Grunde gelegt wurde. Mit einem Worte, es hat in den neuern Zeiten eine solche feste Stütze erhalten, daß derjenige große Schwachheit und Unwissenheit verräth, welcher es nur im geringsten anzutasten sich sollte einfallen lassen. Uebrigens hat man sich aber wohl nicht zu verwundern, daß Newton's System anfänglich keinen allgemeinen Eingang fand, denn kaum hatte Cartesius durch seine sinnreiche Theorie die verborgenen Qualitäten der Scholastiker besiegt, und man glaubte im Besitz der vortreflichsten Wahrheiten zu seyn. Und da überdem Newton seine Gesetze aus den Kräften der Körper entwickelte, in welchen man die Wiedereinführung der verborgenen Qualitäten der Scholastiker sich einbildete, so konnte es gar nicht anders kommen, daß sein System auf mancherley Art bestritten wurde. Die folgende Geschichte wird aber zeigen, daß erst von Newton an die Physik in ihrem ächten Glanze erscheint. Ueberdem ward man immer mehr überzeugt, daß die Erfahrung die alleinige richtige Führerin in

der

der Erscheinung der Sinnenwelt sey. Man setzte daher die Experimentaluntersuchungen von dieser Zeit an mit einem weit größern Eifer, als vormals geschehen war, fort, und errichtete, um mit schnellern Schritten dem vorgesteckten Ziele näher zu kommen, schon in dieser angenommenen Zeitperiode in allen Ländern ungemein viele, besonders Privatgesellschaften, deren Mitglieder sich ihre Erfahrungen mittheilten.

Erster Abschnitt.

Geschichte in Rücksicht der allgemeinen Physik.

Allgemeine Eigenschaften der Körper.

Newton wagte sich nicht in das Gebiet der Metaphysik, ob er gleich bey seinen vortreflichen Untersuchungen Kräfte der Materie voraussetzte, welche blos Gegenstände jener Wissenschaft sind. Daher berührt er auch das Problem nicht, wie Geist und Materie in einander wirken. Er führt blos an einigen Stellen seiner Principiorum mathematicorum philosophiae naturalis, die zum erstenmale im Jahre 1687 in 4. zu London herauskamen, an, daß er die Materie als eine Zusammenhäufung kleinster Theilchen betrachte, welche selbst ausgedehnt und materiell sind, und durch eine Kraft, deren Natur er nicht weiter untersucht, unter einander zusammenhangen. Es gehört also Newton's System zu der atomistischen Lehre. Noch deutlicher zeigt sich Newton als Atomistiker in den seiner Optik beygefügten Fragen (quaest. XXXI.).

Hier sagt er ausdrücklich, es scheine ihm äußerst wahrscheinlich, daß der Schöpfer die Materie so gebildet habe, daß ihre ersten Theilchen, woraus nachher alle mögliche Körper entstanden, fest, hart, undurchdringlich und beweglich wären. Diese Theilchen könnten daher durch keine uns bekannte Kraft getheilt werden; alle daraus zusammengesetzte Körper besäßen also Zwischenräume, weil sonst ihre Theile gar nicht von einander getrennt werden könnten, mithin sey auch die Materie nur bis zu den ersten Theilchen theilbar. Uedem besäßen diese ersten Theilchen nicht nur eine Kraft, welche sie gewissen unveränderlichen Gesetzen der Bewegung unterwerfe, sondern auch eine Fähigkeit, von andern einwirkenden Ursachen in Bewegung versetzt zu werden, z. B. von der Schwere, von der Ursache der Gährung und der Cohäsion. Diesen Vorstellungen gemäs bestritt Newton Cartesens vollen Raum und den irrigen Begriff, daß Ausdehnung nichts weiter als Materie sey, mit allem Rechte. Seine vortrefliche Lehre vom Widerstande der Mittel w) ließ ihm Folgen daraus ziehen, welche Cartesens vollen Raum gerade zu widersprechen. Alle Bewegungen müßten in einer solchen compakten Masse von materiellen Theilchen, die als absolut undurchdringlich zu betrachten sind, einen unendlichen Widerstand finden. Cartesius nahm zwar an, die subtile Materie sey so fein zertheilt, daß sie fast gar nicht mehr widerstehe; allein Newton x) zeigte, daß dies nur leere Behauptung wäre, indem auch die feinste Zertheilung der Materie den Widerstand nicht merklich ändere, welchen der volle Raum dem bewegten Körper entgegensetze, und welcher sich immer sehr nahe wie die Dichtigkeit des

w) Princip. lib. II.
x) Ibid. prop. XXXVIII. et XL.

des widerstehenden Mittels verhalte. Daher diejenigen Mittel, in welchen Körper ohne merkliche Retardation weit fortgehen, ungemein viel dünner seyn müßten, als diejenigen Körper, welche in ihnen bewegt würden. So würde eine Kugel, welche sich im cartesianischen vollen Raum bewegte, bey aller Feinheit und Flüssigkeit desselben, dennoch mehr als die Hälfte ihrer Bewegung verliehren, ehe sie noch die dreyfache Länge ihres Durchmessers durchlaufen hätte. Es würde daher gar nicht möglich seyn, daß sich ein Mensch von der Stelle bewegen, geschweige denn, daß die Himmelskörper, deren Lauf keine merkliche Retardation zeige, in einem vollkommenen dichten Mittel fortgehen könnten. Er beweiset übrigens durch eine fruchtbare Anwendung der Mathematik, daß die Anziehung der Materie gegen einander eine allgemeine Erscheinung sey, läßt aber die Natur und die Ursache der Kräfte überhaupt unentscheiden.

Es ist schon im ersten Theile (S. 266.) bemerkt worden, daß des Cartesius System noch viele Schwierigkeiten in Absicht auf die Verknüpfung zwischen Materie und Geist zurückläßt. Um nun diese zu heben, entstanden eine Menge metaphysischer Systeme, wohin zuerst der Idealismus gehört, nach welchem es gar keine Materie giebt. Die Vorstellungen, welche man davon hat, sind nichts weiter als Vorspiegelungen, welche die Gottheit in uns erweckt. Cartesius hatte zu dieser Meynung selbst Gelegenheit gegeben, indem er das Daseyn der Materie blos aus dieser Ursache erweiset, daß uns Gott nicht täuschen werde, und selbst zur Entstehung der Vorstellungen der Materie die Mitwirkung der Gottheit für nöthig hält. Der P. Malebranche, welcher ein gro-

ßer Verehrer des Cartesius war, jedoch in Allen nicht mit ihm übereinstimmte, stützte hierauf den Satz, daß wir alle Dinge in Gott sehen, und daß uns selbst der Glaube berechtige, das Daseyn der Dinge ausser Gott und den Geistern zu läugnen [y]). Berkeley machte den Idealismus demonstrativ, und zeigte, daß uns Gott nicht einmal täusche, weil in der That etwas ausser uns existire, nämlich die göttlichen in unserm Geiste wirkenden Ideen [z]).

Dem Idealismus ist der allgemeine Materialismus entgegengesetzt, welchen schon viele alte Philosophen behauptet haben, und der besonders von den Gassendisten vertheidigt wurde. Nach diesem ist nämlich alles nicht allein, was ausser uns ist, sondern auch unsere Seele, als eine Zusammensetzung materieller Substanzen zu betrachten.

Mitten unter den gegen einander laufenden Meynungen des Dualismus, Idealismus und Materialismus suchte der Herr von Leibnitz einen sinnreichen Ausweg durch Einführung der Monaden, um den Eindruck der Materie auf unsern Geist besser zu erklären. Er glaubte nämlich, daß auf unsern Geist nichts weiter, als ebenfalls etwas Geistiges wirken könne, und daß alle unsere Begriffe von Materie sich zuletzt in bloße Begriffe von Erscheinungen und Eigenschaften auflösen müßten. Daher verwarf er die Wirklichkeit ausgedehnter Atomen, und behauptete, daß sie als

y) Traité de la recherche d[illegible] 1721. II. Tomes. 4. part. 12. T[illegible]

z) Treatise concer[illegible] ledge, Dialogu[illegible]

als ausgedehnte Substanzen doch wenigstens im Verstande noch theilbar seyn müßten, und folglich keine wahren ausdrücklichen Einheiten wären. Zu dem Ende betrachtete er alle Eigenschaften der Materie für einen bloßen Schein, und den physischen Körper, so wie er sich unserer Empfindung darstellt, als ein verworrenes Phänomen der Wirkungen einfacher Substanzen auf unsere Sinne. Die einfachen Substanzen oder Monaden hält er für ähnlich mit den geistigen, als Vorstellungskräfte, wovon eine jede ihre eigene Grundbestimmung hat. Die ganze Welt macht eine stetige Reihe solcher Vorstellungskräfte aus, deren Größe und Beschaffenheit verschieden ist, daher er auch eine zerstreuete Leere läugnet. Die in der Ruhe sich befindenden Vorstellungskräfte sind die Substanzen der scheinbaren Materie, welche ohne Bewußtseyn nur verworrener Eindrücke fähig sind; die wachenden aber sind die Geister von der niedrigsten bis zur höchsten Geistesart in stetiger Reihe. Die vollkommenste aller wirklichen und möglichen Vorstellungskräfte ist die Gottheit selbst, welche in sich selbst alle mögliche Substanzen mit ihren Eigenschaften und Verhältnissen aufs deutlichste und ohne vorbildende Aussendinge vorstellt [a]).

Aus dieser kurzen Anführung erhellet, daß die Einführung der Monaden zwar allen Materialismus aufhebt, und dem Idealismus etwas eben so Mögliches und Unwiderlegliches an die Seite setzt, und die Möglichkeit der Vereinigung zwischen Geist und Materie

a) Principia philosophiae more geometrico demonstrata. Francof. et Lipf. 1728. 4.

terie zeigt, welches nach dem Dualismus nicht angezeigt werden kann; allein man muß hiebey noch folgenden wichtigen Unterschied machen, ob das Zusammengesetzte als Ding an sich gegeben, oder ob es nur in der Erscheinung gegeben ist; im ersten Falle muß freylich das Zusammengesetzte aus dem Einfachen bestehen; denn die Theile müssen hier vor aller Zusammensetzung gegeben seyn. Aber das Zusammengesetzte in der Erscheinung besteht nicht aus dem Einfachen, weil in der Erscheinung, welche nie anders, als zusammengesetzt (ausgedehnt) gegeben werden kann, die Theile nur durch Theilung, und also nicht vor dem Zusammengesetzten, sondern nur in demselben gegeben werden können. Nach Herrn Kants [b]) Urtheile ist der Herr von Leibnitz nicht einmal richtig verstanden worden; Leibnitzens Meynung sey nicht, den Raum durch die Ordnung einfacher Substanzen neben einander zu erklären, sondern ihm vielmehr diese als correspondirend, aber zu einer blos intelligibeln für uns unbekannten Welt gehörig zur Seite zu setzen, und nichts anders zu behaupten, als daß der Raum sammt der Materie, davon er die Form ist, nicht die Welt von Dingen an sich selbst, sondern nur die Erscheinung derselben enthalte, und selbst nur die Form unserer äussern Anschauung sey.

Schwere, Gravitation, Fall der Körper.

Vor Newton hat es keinem einzigen geglückt, das Gesetz der allgemeinen Schwere zu bestimmen. Erst Newton war so glücklich, dasselbe zu finden. Diese seine Entdeckung machte er durch den richtigen Weg

b) Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft. Riga.

Weg der Erfahrung, und daraus entwickelte er durch Anwendung der erhabensten Mathematik seine Theorie von der allgemeinen Schwere der Himmelskörper, welche sich seitdem so allgemein bestätigt hat. Ich halte es daher für nöthig, diese wichtige Entdeckung ausführlich zu erzählen. Die erste Veranlassung hiezu, so wie sie von Newton's Zeitgenossen, Pemberton c), angeführt wird, scheint eine wahre Kleinigkeit zu seyn, welche aber unter den Händen eines Newton von der größten Erheblichkeit wurde. Im Jahre 1666 war nämlich Newton wegen der Pest genöthigt, sich von Cambridge zu entfernen; als er nun einst in einem Garten ganz allein spatzieren gieng, fiel ein Apfel von einem Baume; die Schwere, dachte er, welche diesen Apfel von der Höhe herabtrieb, nimmt nicht merklich ab, wenn man sich auf dem Gipfel der höchsten Berge befindet, und hieraus entstanden bey ihm die Vermuthungen, daß sich die Schwere selbst bis zum Monde erstrecke, und dadurch, daß sie sich mit der Wurfbewegung dieses Trabanten verbinde, ihn in seiner Bahn um die Erde herumführe; überdem, meinte er, könne sie auch wohl in einer solchen Entfernung des Mondes von der Erde gar sehr vermindert werden, wenn sie gleich in geringern Weiten nicht merklich geschwächt werde. — Im Grunde war es eben so schwer nicht, auf diese Gedanken zu kommen, da bereits Galilei dergleichen gehabt, und eine Berechnung angestellt hatte, welche Zeit ein Körper gebrauche, wenn er frey aus dem Monde auf unsere Erde herabfalle, wenn er beym Herabfallen das Gesetz befolge, nach welchem sich die Räume wie die Qua-

c) A view of Sir *Isaac Newton's* philosophy. Lond. 1728. 4. praef.

Quadrate der Zeiten verhalten. Das vorzügliche Verdienst, durch welches Newton seinen Nahmen unsterblich gemacht hat, ist die allgemeine Darstellung von der Gravitation durch eine fruchtbare Anwendung der Mathematik, welche vor ihm noch kein einziger unternommen hatte. —

Um aber diese Vermuthung, welche bey Newton entstanden war, zur Gewißheit zu bringen, mußte er vor allen Dingen das Gesetz der Abnahme der Schwere kennen. Er dachte daher weiter, wenn die Schwere gegen die Erde den Mond in seiner Bahn erhält, daß die Planeten durch ihre Schwere gegen die Sonne auf gleiche Art in ihren Bahnen erhalten werden müssen. Aus der Keplerischen Regel aber, daß sich die Quadrate der Umlaufszeiten der Planeten gegen einander verhalten, wie die Würfel der großen Axe ihrer Bahnen (Th. I. S. 110.), folgt, daß ihre Fliehkraft, folglich auch ihr Bestreben, sich gegen die Sonne zu bewegen, in dem Verhältnisse des Quadrats ihrer Entfernung von diesem Gestirne abnimmt. Dies Gesetz der Abnahme der Schwere trug nun Newton auf die Erde über. Er gieng von den Erfahrungen über den freyen Fall der Körper aus, und bestimmte die Höhe, von welcher der Mond sich selbst überlassen in einem kurzen Zeitraume gegen die Erde herabfallen würde. Weil nämlich der Mond im mittleren Abstande von der Erde ohngefehr 60 Erdhalbmesser entfernt ist, so wird die Schwere im Monde 60 . 60 = 3600 mal geringer als auf der Erde seyn. Auf unserer Erde fällt ein Körper in der ersten Zeitsekunde 15 ½ Fuß, mithin würde der Mond, weil sein Fall um 3600 mal geringer ist, als der auf der Erdoberfläche, 15 ½ Fuß in einer Minute gegen die Erde fallen.

Die

Die Höhe, um welche der Mond sich frey überlassen, in einer Minute gegen die Erde herabgehen würde, macht bey seiner Centralbewegung den Quersinus des Bogens aus, welchen er während einer Minute beschreibt, und welcher 32″ 56‴ der ganzen Bahn beträgt. Den Quersinus dieses Bogens berechnete nun Newton für einen Kreis von 60 Erdhalbmessern. Er mußte folglich, um das Gesetz der dem Quadrate der Entfernungen umgekehrt proportionirten Schwere mit der Beobachtung zu vergleichen, die Größe dieses Halbmessers kennen. Da aber Newton nach der damaligen gemeinen Art den Grad des Mittagskreises zu 60 englische Meilen, mithin den Erdhalbmesser zu 3430 Meilen annahm, so fand er den Quersinus nur $13\frac{1}{4}$ Fuß, statt daß er ihn $15\frac{1}{2}$ Fuß hätte finden sollen. Er vermuthete daher, es möchten sich unbekannte Kräfte mit der Schwere des Mondes vereinigen, und gab daher seinen ersten schönen Gedanken gänzlich auf.

Erst zehn Jahre nachher ward er durch einen Brief des D. Hooke veranlaßt, die Natur der von geworfenen Körpern um den Mittelpunkt der Erde beschriebenen Curve zu untersuchen, wobey ihm seine ehemaligen Berechnungen über die Schwere des Mondes wieder einfielen. Indessen hatte Picard in Frankreich seine Gradmessung geendigt, nach welcher der Grad 75060 Toisen, d. i. nicht 60, sondern $69\frac{1}{2}$ engl. Meilen hielt; dies gab also den Erdhalbmesser weit größer, und für den Quersinus des Bogens von 32″ 56‴ in einem Kreise von 60 Erdhalbmessern genau die $15\frac{1}{2}$ Fuß, um welche der Mond während einer Minute Zeit sich der Erde nähern müßte. Hierdurch wurde also bewiesen, daß der Mond blos durch die

die Schwere, vorausgesetzt, daß sie dem Quadrate der Entfernung umgekehrt proportionirt sey, in seiner Bahn erhalten würde.

Hierauf suchte nun Newton durch Hülfe der höhern Geometrie, was für eine krumme Linie ein geworfener Körper beschreibe, wenn er stets nach einerley Punkt gezogen wird, und sich diese Kraft verkehrt wie das Quadrat des Abstandes von diesem Punkte verhalte. Anfänglich fand er, daß bey jedem Gesetze der Kraft die vom Radius Vektor beschriebenen Flächenräume den Zeiten proportional seyn müßten; und alsdann, daß die nach diesem Gesetz beschriebene Curve eine Ellipse sey, deren Punkt, nach welchem die Kraft gerichtet ist, ein Brennpunkt derselben sey. Da er nun weiter betrachtete, daß die Planetenbahnen gleichfalls Ellipsen sind, in deren Brennpunkt der Mittelpunkt der Sonne liegt, so sahe er hinlänglich ein, daß seine Auflösung auf die erhabensten Gegenstände der Natur anwendbar war.

Einige Jahre hernach reisete D. Halley nach Cambridge, um Newton zu besuchen. Dieser berühmte Gelehrte munterte Newton auf, diese so wichtigen Entdeckungen vorerst in den Transactionen bekannt zu machen. Nachher lag ihm aber auch die königliche Societät mit Halley noch mehr an, seine Erfindungen weiter zu entwickeln, und sie mit der Bewegung der himmlischen Körper zu verbinden. Durch diese Bitten wurde endlich von ihm sein unsterbliches Werk ausgearbeitet, und im Jahre 1687 unter dem Titel: Philosophiae naturalis principia mathematica Lond. 4. herausgegeben.

New-

Newton war auf das Gesetz der Abnahme der Schwere mittelst des Verhältnisses zwischen den Quadraten der Umlaufszeiten und den Würfeln der großen Axen ihrer als kreisförmig angenommenen Bahnen gekommen; er bewies, daß das Verhältniß bey den elliptischen Bahnen allgemein statt finde, und daß es eine gleiche Schwere der Planeten gegen die Sonne anzeige, wenn man sich in gleichen Entfernungen von ihrem Mittelpunkte setzt. Die nämliche Gleichheit der Schwere gegen die Hauptplaneten findet bey allen Trabantensystemen statt, und bey den Erdkörpern hat sie Newton durch sehr genaue Versuche erwiesen.

Nachher zeigte Newton, indem er diese Untersuchungen allgemeiner machte, daß ein geworfener Körper vermöge einer gegen seinen Brennpunkt gerichteten und dem Quadrate der Entfernungen proportionirten Kraft sich in jedem Kegelschnitte bewegen könne; er entwickelte die verschiedenen Eigenschaften der Bewegung in Curven dieser Art; er bestimmte die Bedingungen, welche erfordert werden, um den Schnitt zu einem Kreise, zu einer Ellipse, Parabel und Hyperbel zu machen, welche blos von der ursprünglichen Lage und Geschwindigkeit der Körper abhangen. Wie diese Geschwindigkeit, diese Lage und anfängliche Richtung der Bewegung immer beschaffen seyn mögen, so hat Newton einen Kegelschnitt angegeben, welchen der Körper beschreiben kann, und in welchen er sich folglich bewegen muß. Diese Untersuchungen auf die Bewegungen der Kometen angewandt zeigten ihm, daß sich dieselben nach dem nämlichen Gesetze, wie die Planeten, um die Sonne bewegen, mit dem einzigen Unterschiede, daß ihre Ellipsen sehr länglicht sind, und er gab auch die Mittel an, die Elemente dieser Körper durch Beobachtungen zu bestimmen.

Da Newton erwog, daß die Trabanten um ihre Planeten sich sehr nahe so bewegen, als wenn die Planeten unbeweglich wären, so erkannte er, daß auch sie der nämlichen Schwere gegen dies Gestirn folgen. Die Gleichheit der Wirkung und Gegenwirkung ließ ihn nicht daran zweifeln, daß die Planeten die Sonne anziehen, so, wie ihre Trabanten; ja daß auch die Erde von allen Körpern, welche gegen sie fallen, angezogen wird. Diese Eigenschaft dehnte er sofort durch die Analogie auf alle Theile der Himmelskörper aus, und stellte als einen Grundsatz auf: daß jedes materielle Element alle Körper im geraden Verhältnisse und im umgekehrten des Quadrats seiner Entfernung von demselben anziehe.

Da Newton auf diesen Grundsatz gekommen war, so fand er, daß die großen Erscheinungen des Weltsystems aus selbigem flossen. Nachdem er die Schwere auf der Oberfläche der Himmelskörper als das Resultat der Anziehungen aller ihrer Elemente betrachtete, so gelangte er zu den merkwürdigen Wahrheiten, daß die Anziehungskraft eines Körpers oder einer sphärischen Schichte gegen einen ausser ihr befindlichen Punkt die nämliche ist, wie wenn ihre Masse im Mittelpunkt vereinigt wäre, und daß ein in einer sphärischen Schichte oder überhaupt in einer zwischen zwey ähnlichen und ähnlichliegenden elliptischen Flächen eingeschlossenen Schichte befindlicher Punkt von allen Seiten gleich stark angezogen wird.

Das allgemeine Gesetz der Gravitation, welches in der Natur statt findet, ist also dieses: die Gravitation des Körpers A gegen B ist im geraden

den Verhältnisse der Masse B, und im verkehrten des Quadrats der Entfernung beyder Körper A und B. Hat z. B. der Körper A 4 mal mehr Masse als B, und ist vom Körper C doppelt so weit entfernt als B, so wird C $\frac{4}{4}$ oder 1 mal stärker gegen A gravitiren.

Von diesem Gesetze machte Newton die lehrreichsten Anwendungen auf die erhabensten Gegenstände der Natur, von welchen allen an den gehörigen Orten das nöthigste angeführt werden soll. Es ist nur noch nöthig anzuführen, auf welche Art Newton verschiedene hieher gehörige Sätze, welche die Gravitationen solcher Sphären betreffen, die in gleichen Entfernungen vom Mittelpunkte gleiche Dichtigkeit besitzen, zu beweisen suchte. Da nämlich alle materielle Elemente gegen einander schwer sind, so müssen auch alle Elemente einer Sphäre gegen die einer andern gravitiren, und daher gegen diese mit einer Kraft und Richtung gehen, welche aus den Kräften und Richtungen gegen alle Elemente derselben zusammengesetzt ist. Diese Richtung geht blos in zwey Fällen gegen den Mittelpunkt der Sphäre, wie Newton bewiesen hat,

1. Wenn sich die Gravitation verkehrt, wie das Quadrat des Abstandes von dem Mittelpunkte der Sphäre verhält.

Beweis.

Es seyen (fig. 28.) AHKB und ahkb Kugelflächen zweyer gleich großer Kugeln, deren Mittelpunkte S, s, und in ihren verlängerten Durchmessern befänden

sich die Körper P, p. Von der Mitte dieser Körper ziehe man die Linien PHK, PIL, phk, pil, welche von den größten Kreisen AHB, ahb gleiche Bogen HK, hk abschneiden: Ferner lasse man aus den Mittelpunkten S, s die Linien SD, SE, sd, se und aus den Punkten I und i die Linien IR, ir senkrecht auf PHK, PIL, phk, pil, wovon SD und sd die Linien PL und pl in F und f schneiden. Endlich ziehe man noch die Linien IQ, iq auf die Diameter AB und ab senkrecht herab. Wenn nun die Winkel KPL und kpl in dem verschwindenden Zustande sich befinden, so werden, wegen DS = ds und ES = es, die Linien PF = pf, PE = pe und FD = fd; demnach hat man

$$PI : PF = RI : DF \text{ und}$$
$$\underline{pf : pi = df\ (DF) : ri} \text{ folglich}$$
$$PI . pf : PF . pi = RI : ri = IH : ih.$$

Ferner ist $PI : PS = IQ : SE$ und

$$\underline{ps : pi = se\ (SE) : iq}, \text{ mithin}$$
$$PI . ps : PS . pi = IQ : iq.$$

Nun war $\underline{PI . pf : PF . pi = IH : ih}$, daraus wird

$$PI^2 . ps . pf : pi^2 . PS . PF = IQ . IH : iq . ih$$

d. h. wie der ringförmige Streifen, welchen der Bogen IH durch die Umdrehung des Halbkreises AKB um den Durchmesser AB beschreibt, zu dem ringförmigen Streifen, der von dem Bogen ih durch Umdrehung des Halbkreises akb um den Durchmesser ab beschrieben wird. Die Gravitationen dieser Streifen aber, welche sie gegen die Körper P, p ausüben, verhalten sich wie ihre Flächen, und umgekehrt wie die Quadrate ihrer Entfernungen von den Körpern P, p d. i.

wie

wie pf . pſ : PF . S; überdem sind die von den Streifen auf die Körper P, p in der schiefen Richtung wirkenden Gravitationen zu den nach den Richtungen PS, pſ wirkenden im Verhältnisse PI : PQ und pi : pq, oder, wegen Aehnlichkeit der Dreyecke PIQ und PSF, piq und pſf, PS : PF und pſ : pf. Hieraus folgt also, daß die beyden Körper P, p gegen die Mittelpunkte der Sphären in dem Verhältnisse $\frac{PF . pf . pſ}{PS} : \frac{pf . PF . PS}{pſ} = pſ^2 : PS^2$ getrieben werden. Auf eine ähnliche Art wird erwiesen, daß sich die Gravitationen der von den Bogen KL, kl beschriebenen ringförmigen Streifen gegen die Körper P, p eben so verhalten. Daraus ist aber auch ferner klar, daß die Gravitationen aller ringförmigen Streifen, in welche sich die Oberfläche der Kugel bey der Gleichheit von ſd, SD und ſe, SE theilen läßt, mithin auch die der ganzen Oberflächen der Sphären gegen die Körper P, p, in dem nämlichen Verhältnisse sich befinden.

Da man sich vorstellen kann, daß eine jede Sphäre aus unendlich vielen concentrischen sphärischen Schichten zusammengesetzt ist, und sich die Gravitation einer jeden solchen Schicht verkehrt wie das Quadrat des Abstandes vom Mittelpunkte verhält, so wird die Summe der Gravitationen aller concentrischen Schichten d. i. die Gravitation der ganzen Kugel in dem nämlichen Verhältnisse sich befinden.

Man setze ferner, es sey eine andere Kugel aus unendlich vielen P zusammengesetzt, so wird ein jedes P im verkehrten Verhältnisse des Quadrats seines Abstan-

standes von dem Mittelpunkte der ersten Kugel angezogen; mithin ist es eben so viel, als ob die Masse der ersten Kugel im Mittelpunkte in einem einzigen materiellen Elemente vereinigt wäre, und dieses einzige Element gegen alle P der andern Sphäre d. i. gegen die Sphäre selbst gravitirte; demnach ist das Verhältniß der Gravitation der ersten Sphäre gegen die andere im verkehrten Verhältnisse des Quadrats des Abstandes von den Mittelpunkten der Sphären.

2. **Wenn sich die Gravitation wie der Abstand vom Mittelpunkte der Sphäre verhält.**

Beweis.

Ausserhalb der Sphäre (fig. 29.) AEFB befinde sich ein Körper P, durch dessen Mittelpunkt die Axe der Sphäre geht; EF und ef seyen zwey Ebenen, welche die Kugel schneiden, so daß die Schnitte auf der Axe senkrecht sind, und vom Mittelpunkte S der Kugel gleich weit abstehen. Die anziehende Kraft irgend eines Punktes H in der schneidenden Ebene EF wirke auf den Körper P nach der Richtung HP. Nun verhält sich aber diese Kraft zu der auf der Ebene EF senkrecht wirkenden wie HP : PG, mithin verhält sich auch die Summe der anziehenden Kräfte aller auf der schneidenden Ebene EF sich befindenden Punkte d. i. die anziehende Kraft der ganzen Ebene auf den Körper P nach der gegen den Mittelpunkt S der Sphäre gehenden Richtung, wie die Entfernung PG multiplicirt mit der Anzahl aller Punkte in der schneidenden Ebene, oder die gegen den Körper P wirkende Kraft ist im zusammengesetzten Verhältnisse aller physischen Punkte der Ebene und der Entfernung PG. Eben so ist auch die anziehende Kraft der Ebene ef auf den Körper P im

im zusammengesetzten Verhältnisse der Ebene ef oder der gleichen EF und der Entfernung Pg. Hieraus folgt, daß die Summe der Kräfte beyder Ebenen gegen den Körper P im Verhältnisse des Produkts aus der Ebene EF in die Summe der Entfernungen PG+Pg, oder, weil PG+Pg=2PS, im Verhältnisse des Produkts aus der Ebene EF in die gedoppelte Entfernung PS d. h. der gedoppelten Ebene EF, oder der Summe der Ebenen ef+EF in die Entfernung PS sich befindet. Durch ähnliche Schlüsse wird erwiesen, daß die Kräfte aller Ebenen, welche von dem Mittelpunkte der Sphäre gleich weit abstehen, und in welche sich folglich die ganze Kugel theilen läßt, sich wie das Product der Summe aller Ebenen in die Entfernung PS verhalte, oder daß die anziehende Kraft der ganzen Sphäre gegen den Körper P im zusammengesetzten Verhältnisse der Sphäre und der Entfernung PS sich befinde.

Setzt man, daß der Körper P die Sphäre AEFB anziehe, so läßt sich durch ähnliche Schlüsse beweisen, daß sich die Gravitation des Körpers P gegen die Kugel wie die Distanz PS verhalte.

Man stelle sich vor, es sey aus unendlich vielen P eine andere Kugel zusammengesetzt. Da nun die Kraft, womit ein jedes P von der erstern Sphäre angezogen wird, im zusammengesetzten Verhältnisse der Entfernung des P von dem Mittelpunkte S der Sphäre und der Kugel selbst sich befindet, so ist es eben so viel, als ob die ganze Sphäre im Mittelpunkte derselben vereinigt wäre, und die Kräfte blos aus diesem einzigen Punkte wirkten; daher wird die ganze Kraft, womit alle P der andern Kugel d. i. die Kugel selbst

angezogen wird, eben so wirken, als wenn blos ein einziges Element im Mittelpunkte der ersten Sphäre gegen die andere gravitirte, und hieraus folgt, daß sich die Gravitation wie der Abstand vom Mittelpunkte der Kugel verhält.

Da nun wegen der Gleichheit der Wirkung und Gegenwirkung die angezogene Kugel auch gegen die anziehende gravitirt, so ist aus den angeführten Beweisen beyder Fälle leicht einzusehen, daß zwey Kugeln so gegen einander gravitiren, als ob ihre ganzen Massen in dem Mittelpunkte vereinigt wären. Bey allen andern Gesetzen der Gravitation würden die ganzen Kugeln nicht einerley Gesetz mit den einzelnen Theilen befolgen; denn dies ist ein besonderer Vorzug der beyden gedachten Fälle.

Newton bewies ferner, daß ein angezogener Körper innerhalb der anziehenden Kugel im Verhältnisse seines Abstandes vom Mittelpunkte angezogen wird, und daß die Schwere in eben dem Verhältnisse abnimmt, in welchem er sich dem Mittelpunkte nähert. In dem Innern einer hohlen Sphäre endlich heben sich die Anziehungen von allen Seiten auf [d]).

Weil sich also die Gravitation der Himmelskörper nach dem nämlichen Gesetze wie die Schwere unserer Erdkörper richtet, so betrachtete Newton ganz richtig die Schwere der Erdkörper als einen einzelnen Fall der Gravitation.

Bey seiner ganzen Theorie setzte er voraus, daß die Körper durch gewisse Kräfte getrieben würden, deren

d) Princip. lib. I. sect. XIII.

ren Daseyn er aus den Wirkungen der Natur unläugbar erkannte. Newton sahe aber sehr wohl ein, daß die Kräfte überhaupt kein Gegenstand unserer äussern Sinne sind, und daß Untersuchungen darüber in ein Gebiet gehören, in welches er sich nicht wagte. Um aber durch Annahme einer der Materie wesentlich zukommenden Kraft dem Vorwurfe der wieder einzuführenden verborgenen Qualitäten der Scholastiker nicht ausgesezt zu werden, bemerkt er ausdrücklich, daß er die Schwere keinesweges als eine wesentliche Eigenschaft der Materie betrachte. Vielmehr machte er in einigen seiner Optik beygefügten Fragen c) einen Versuch, die Schwere aus den Stößen eines ungemein dünnen Mittels (des Aethers) zu erklären. Der Widerstand dieses Aethers könne so gering seyn, daß er gleichsam für Nichts zu achten sey. Wenn man z. B. dem Aether eine 700000 mal größere Elasticität zuschreibe, und sie auch 700000 mal dünner annehme als die Luft, so würde sein Widerstand um 600,000,000 mal geringer als der des Wassers seyn. Ein solcher geringer Widerstand würde aber in den Bewegungen der Planeten binnen 10000 Jahren gar keine merkliche Veränderung hervorbringen.

So sehr sich aber auch Newton widersezte, der Materie als solcher eine anziehende Kraft wesentlich zuzuschreiben, so konnte er doch keinesweges behaupten, daß sich die Gravitationen zweyer Planeten, welche sie in gleichen Entfernungen ihrer Monde beweisen, wie die Massen jener Weltkörper verhalten, wenn er nicht stillschweigend annahm, daß sie blos als Materie, folglich nach einer allgemeinen Eigenschaft derselben,

c) Quaest. XXI. XXII.

ben, andere Materie anzögen. Daher kam es wohl, daß schon zu Newtons Zeiten einige seiner Anhänger, und besonders nachher seine Schüler, die Anziehung der Materie als eine wesentliche Eigenschaft derselben betrachteten. So behauptete z. B. der Engländer Roger Cotes, welcher im Jahre 1713. Newton's Principien von neuem herausgab, daß die Schwere eben sowohl eine wesentliche Eigenschaft der Körper ausmache, als ihre Ausdehnung, Beweglichkeit und Undurchdringlichkeit. Diese Behauptung der Newtonianer, daß der Materie wesentlich eine anziehende Kraft zukomme, war eine von den vorzüglichsten Ursachen, warum das Newtonsche System eine geraume Zeit so vielen Widerspruch fand, indem man darin eine Wiedereinführung der verborgenen Qualitäten zu finden glaubte. Dies gab daher Veranlassung, des Descartes System desto eifriger zu vertheidigen, welches besonders die französischen Gelehrten ungemein begünstigten. Es entstanden daraus eine Menge von Erklärungen der Schwere durch den Stoß einer Materie, um mit einigen Abänderungen die cartesianischen Wirbel aufrecht zu erhalten. Es ist hinreichend, nur einige anzuführen, welche in diesen Zeitraum gehören, indem sie alle eine schwermachende Materie annahmen, welche blos durch ihre verschiedene Bewegung verursacht, daß dadurch die Körper nach derjenigen Richtung hin, wo der geringste Widerstand ist, getrieben werden.

Jakob Bernoulli [f]) stellt sich vor, daß sich die Säulen der feinen flüssigen Materie (des Aethers) vermöge ihrer Schwungkraft gegen die Materie vom Him-

f) De gravitate aetheris. Amsterd. 1683. 8. p. 75.

Himmelsraume stemmen, und dadurch die Körper, welche eine geringere Schwungkraft haben, zurücktreiben.

Bülfinger [g]) meint, die feine Materie drehe sich nicht nur um zwey Axen zugleich, welche beyde sich unter rechten Winkeln schneiden, sondern sie bewege sich auch überdem um jede dieser Axen nach entgegengesetzter Richtung. Daraus entstehen also vier Wirbel, welche sich durchkreuzen, und gegen einander laufen, ohne sich zu stören.

Varignon [h]) hält dafür, die Schwere rühre vom ungleichen Drucke der schwer machenden Materie auf die Körper her, und glaubte, wenn ein Körper von der Erde so weit entfernt wäre, daß unter und über ihm gleich hohe Säulen der flüssigen Materie befindlich wären, so müsse er still stehen, und in noch größern Entfernungen würde der Körper sogar von der Erde entfliehen, wenn die untere Säule höher werde.

Villemot [i]) nahm im Mittelpunkte ein Centralfeuer oder vielmehr eine beständig siedende Materie an, welche alle ihr nahe kommende Materie drucke, und eben durch diesen Druck die Körper gegen den Mittelpunkt irgend eines Weltkörpers hintreibe.

Man

g) De causa gravitatis physica generali disquis. experimentalis im Recueil des pièces, qui ont remporté les prix. T. I. depuis 1720-1728. Paris 4.

h) Conjectures sur la pesenteur. 1691. 8.

i) Nouveau système, ou nouvelle explication du mouvement des planètes p. 182.

Man sieht aus allen diesen mechanischen Erklärungen über die Ursache der Schwere, daß sie sich auf willkührliche Hypothesen gründen. Dies fühlten auch selbst die eifrigsten Cartesianer; denn so gesteht Bülfinger von seinen doppelten wider einander laufenden Wirbeln aufrichtig: difficile remedium, fateor, et quo lubens carerem; sed praestat hoc, quam nihil, dicere.

Daß der Fall der Körper im widerstehenden Mittel nicht genau so erfolgt, wie es den Gesetzen, die Galilei entdeckte, gemäß seyn sollte, hatte man schon längst durch Versuche erkannt. Gleichwohl beschäftigten sich noch einige in diesem Zeitraume mit Versuchen dieser Art, um die Abweichung des freyen Falles der Körper von verschiedenem Gewichte und verschiedener Größe genau zu bemerken. So ließ der berühmte englische Künstler Hawksbée[k]) aus der Kuppel der Paulskirche zu London Kugeln von einer Höhe von 220 Fuß herabfallen. Anfänglich nahm er zwey Kugeln von verschiedener Größe; die eine war nämlich von Glas mit Quecksilber gefüllt, wog 840 Gran und besaß im Diameter 0,8 Zoll; die andere war von Korkholz, wog nur 120 Gran und hatte im Durchmesser 2,2 Zoll. Die erstere kam in 4 Sekunden, die andere aber in 8 Sekunden zu Boden; nachher nahm er eine Kugel mit Quecksilber so groß und schwer wie die vorige, und eine massive von Glas, welche 493 Gran wog, und 4,3 Zolle im Durchmesser hielt. Jene Kugel kam wiederum in 4 Sekunden zu Boden, die gläserne aber erst in 8 Sekunden. Ferner nahm er eine gläserne Kugel, welche 535 Grän wog,

k) Physico-Mechanical Experiments in append. n. 10.

wog, und im Diameter 5,5 Zoll, von der andern Seite aber nur 5 Zoll hatte, mithin nicht völlig kugelrund war. Die mit Quecksilber gefüllte Kugel kam abermals in 4 Sekunden, die andere hingegen in $4\frac{1}{4}$ Sekunden auf den Boden. Ausserdem hat er noch andere Versuche mit Kugeln angestellt, welche theils mit Quecksilber gefüllt, theils aber auch leer waren, deren Resultate folgende Tabelle, so wie sie Derham [l]) anführt, zeigt:

Gewicht der Kugel mit Quecksilber	Größe in Zollen	Zeit des Falles
908 Grän	0,8	4 Sekund.
993 —	0,8	4 —
866 —	0,8	4 —
747 —	0,75	4 —
808 —	0,75	4 —
784 —	0,75	4 —
Gewicht der Kugel von bloßem Glase	**Größe in Zollen**	**Zeit des Falles**
510 Grän	0,51	$8\frac{1}{2}$ Sek.
642 —	0,52	8 —
599 —	0,51	8 —
515 —	0,5	$8\frac{1}{4}$ —
383 —	0,5	$8\frac{1}{2}$ —
641 —	0,52	8 —

Im Jahre 1719 hat Desaguliers [m]) dergleichen Versuche wiederholt, indem er ebenfalls aus der Kuppel der St. Paulskirche von einer Höhe von 272 Fuß, Kugeln von ganz verschiedenem Gewichte aus Bley,

l) Physico-Theolog. lib. I. cap. 5.

m) Philosoph. Transact. n. 362. p. 1075. sqq.

Bley, Glas, Papier und Schweinsblasen herabfallen ließ. Jedesmal ließ er eine bleyerne Kugel mit einer hölzernen und gläsernen zugleich herabfallen. Die Resultate waren diese:

Gewicht der bleyernen Kugel	Größe in Zollen	Zeit des Falles
2 Pf. 1 Unz. 1 Dr.	2,1	$4\frac{1}{2}$ Sek.
1 — 11 — 4 —	1,99	$4\frac{1}{2}$ —
1 — 11 — 12 —	2	$4\frac{1}{2}$ —
1 — 11 — 12 —	2	$4\frac{1}{2}$ —
1 — 11 — 12 —	2	$4\frac{1}{2}$ —
1 — 10 — - —	1,98	$4\frac{3}{4}$ —
Gewicht der papiernen Kugel	**Größe in Zollen**	**Zeit des Falles**
3 Unz. 6 Dr.	5,5	$6\frac{1}{2}$ Sek.
1 — 14 —	5,1	$7\frac{1}{8}$ —
1 — 17 —	5,1	7 —
Gewicht der Schweinsblase	**Größe in Zollen**	**Zeit des Falles**
128 Grän	5,3	$19\frac{3}{8}$ Sek.
156 —	5,193	$17\frac{1}{4}$ —
$137\frac{1}{2}$ —	5,35	$18\frac{1}{4}$ —
$97\frac{1}{2}$ —	5,26	$22\frac{1}{8}$ —
$99\frac{1}{8}$ —	5,20	$21\frac{1}{8}$ —

Daß diese Ungleichheit beym freyen Falle der Körper vom Widerstande der Luft herrühre, hat man auf verschiedene Art darzuthun sich bemühet. Schon Boyle hatte bemerkt, daß im luftleeren Raume alle Körper ohne Unterschied gleich geschwind fallen. Nach der Zeit ist dieser Versuch vielfältig mit einem Goldstücke

stücke und einer Pflaumfeder wiederholt worden. Da aber die Höhe der gewöhnlichen Recipienten gering ist, so zweifelte man daran, ob dieser Versuch auch bey großen Höhen gelingen würde. Deßwegen stellte ihn Desaguliers [n]) in Gegenwart des Königs von England im Jahre 1717. in einer Höhe von 15 Fuß an, und wiederholte ihn in einer Versammlung der königlichen Societät. Statt des Recipienten bediente er sich hierzu einer Vorrichtung, welche aus vier Gläsern, wovon ein jedes etwa zwey Fuß lang und einen halben weit war, mit dazu gehörigen hölzernen Behältnissen so zusammengesetzt war, daß nirgends Luft durchdringen konnte. Ließ er nun hierin eine Guinee und ein Stückgen Papier zugleich herabfallen, so hatte die Guinee schon den Boden erreicht, ehe das Papier kaum bis zur Mitte des andern Glases gekommen war; ward aber aus dieser Vorrichtung die Luft ausgepumpet, so fielen die Guinee und das Stückgen Papier genau zu gleicher Zeit auf den Boden. Auch ließ er in demselben Moment eine Guinee, ein Stückgen Papier und eine Feder fallen, welche ebenfalls zu gleicher Zeit auf den Boden kamen, wenn die Luft so viel als möglich ausgeleert war; im entgegengesetzten Falle blieb die Feder etwas zurück, wenn gleich das Stückgen Papier und die Guinee zugleich den Boden erreichten.

Um das Jahr 1693. ward von den Mathematikern folgendes Problem zur Auflösung vorgelegt: was das für eine Curve sey, in welcher ein Körper vermöge des Galileischen-Gesetzes in gleicher Zeit gleich hoch herabfalle, so daß also der Körper in der ersten Sekunde auf dieser Curve mit gleichförmig beschleunigter Be-

we-

n) Philosoph. Transact. n. 354. p. 717.

wegung eben so hoch, als in der andern Sekunde u. s. f. herabsinke. Leibnitz und Johann Bernoulli [o]) haben diese Aufgabe zuerst aufgelöset. Hierauf gründete der P. Sebastien [p]) eine sinnreiche Probe über die Richtigkeit der Galileischen Gesetze. Es wird nämlich auf der Fläche eines Paraboloids (fig. 30.) aed, welches durch die Umdrehung der Parabel dae um ihre Axe ah entstanden ist, ein spiralförmiger Gang bgcfde so ausgehölt, daß er an allen Stellen einerley Winkel mit dem Horizonte macht. Diese spiralförmig gewundene Linie hat nun die Eigenschaft, daß nach der Galileischen Theorie ein Körper, welcher auf ihr herabrollt, alle Umgänge derselben in gleichen Zeiten zurücklegen muß. Auch zeigt dies die Erfahrung. Wenn man eine kleine Kugel von b herabrollen läßt, und, wenn diese in c ist, eine andere in b nachschickt, wenn diese in c ist, eine dritte in b u. s. f. nachfolgen läßt, so bleiben alle diese Kugeln gerade über einander, das Paraboloid mag so hoch seyn als man will. Varignon [q]) zeigte im allgemeinen, daß ein Körper, welcher diese Eigenschaft haben soll, aus der Umdrehung einer Curve entstehen müsse, in welcher sich die Abscissen und Ordinaten, wie die Räume und Geschwindigkeiten beym Falle verhalten. Die höhere Geometrie zeigt aber, daß sich bey einer Parabel die Abscissen wie die Quadrate der Ordinaten verhalten. Da nun der Versuch bey dem von ihr erzeugten Körper zutrift, so müssen sich die Räume beym Falle, wie die Quadrate der Geschwindigkeiten verhalten, welches das Gesetz des Galilei ist.

Zu-

o) Acta eruditor. Lips. 1694.

p) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris 1699.

q) Ibid. 1702.

Zusammenhang oder Cohäsion.

Newton, welcher aus der Voraussetzung einer anziehenden Kraft der Materie die Gesetze der erhabensten Erscheinungen in der Natur so schön entwickelte, erkannte sehr wohl, daß die Anziehung in der Ferne sehr sorgfältig von der Anziehung der Materie in der Berührung zu unterscheiden sey. Er bewies, daß die Anziehung, wenn sie bey der Berührung viel stärker als in einer sehr geringen Entfernung ist, in umgekehrten Verhältnisse einer höhern Potenz als des Quadrats der Entfernung abnehmen müsse [r]). Es war aber einem Newton aus allen Erfahrungen gar wohl bekannt, daß eine in der Berührung sehr starke Anziehung in einer unmerklich geringen Entfernung beynahe gar nicht mehr bemerkbar ist. Daraus mußte er nothwendig erkennen, daß die Anziehung in der Berührung ganz andern Gesetzen, als die Gravitation, folgen müsse. In einigen seiner Optik beygefügten Fragen [s]) läßt er sich darüber noch weiter aus; man wird, sagt er, die Natur durchgängig mit sich übereinstimmend, und sehr einfach in ihren Wirkungen finden; alle große Bewegungen der Himmelskörper bewirkt sie durch die Gravitation, welche durch die ganze Masse der Körper wirkt, und fast alle kleine Bewegungen ihrer Theile durch eine andere anziehende Kraft, welche durch die Theile verbreitet ist. — Ohne Zweifel ist auch wohl eine Verschiedenheit der Gravitation und der Anziehung in der Berührung zu vermuthen, da sich die Gravitation blos nach der Menge der Materie, die Anziehung in der Berührung aber mehr nach der Qualität der Materie richtet. Deßwegen sind auch die Gesetze der Anziehung in der Berüh-

r) Princip. lib. I. sect. XIII.

s) Traité d'optique. Amst. 1720. p. 373.

rührung bey weitem nicht so leicht zu entdecken, als es das Gesetz der Gravitation war. —

Newton meint, wie alle Atomistiker, daß die Körper unserer Sinnenwelt aus ersten harten Theilchen (Atomen) zusammengesetzt wären. Diese Theilchen ziehen sich bey der Berührung vermöge einer gewissen anziehenden Kraft in gewissen Punkten an, und bilden dadurch Körper von bestimmten Formen. Nach seiner Vermuthung hangen die kleinsten Theilchen der Materie am stärksten zusammen, und bilden dadurch größere Theile, welche unter sich einen schwächern Zusammenhang zeigen; diese dadurch entstandenen noch größern Theile hängen noch schwächer zusammen u. s. f. bis die Reihe mit den gröbern Theilen aufhört, von welchen die chemischen Operationen und die Farben der Körper abhangen, welche Theilchen durch ihre Verbindung erst Körper von einer in unsere Sinne fallenden Größe ausmachen. Solche Körper nennt er feste oder harte Körper (corpora dura), wenn ihre Theile von einer äussern auf sie druckenden Kraft zusammengedruckt und gebogen werden können, ohne daß sie von einander getrennt werden, und wenn sie bey Nachlassung der äussern druckenden Kraft wieder die vorige Figur durch die Wirkung einer Kraft, welche aus ihrer gegenseitigen Anziehung entsteht, annehmen, so heissen die Körper elastische Körper. Lassen sich hingegen die Theile der festen Körper an einander verschieben, ohne zu zerreissen, so nennt er sie weiche und unter dem Hammer streckbare Körper. Wenn ferner die Theile der Körper sehr leicht an einander hingleiten, und eine solche Größe besitzen, daß sie durch die Wärme mit Leichtigkeit in Bewegung versezt werden können, so heissen sie flüssige Körper.

Sonst

Sonst führt Newton noch einige merkwürdige Versuche an, welche ihm vorzüglich zum Beweise dienen, daß eine wirkliche Anziehung der materiellen Theile in der Berührung statt finde. Dahin rechnet er das von Huygens zuerst bemerkte Phänomen, daß reines und von Luft befreyetes Quecksilber in einer langen gläsernen Barometerröhre über 70 Zoll hoch hängen bleibe (Th. I. S. 418.). Diese Erscheinung könne nämlich nicht vom Drucke der Atmosphäre allein herrühren, indem dieser nur eine Quecksilbersäule von 29 bis 30 Zoll Höhe halten könne; mithin müsse noch eine andere wirkende Ursache vorhanden seyn, wodurch das Quecksilber in der noch weit größern Höhe erhalten werden könne; diese liege aber in der gegenseitigen Anziehung der Quecksilbertheile und des Glases; denn sobald man nur die Röhre schüttele und dadurch die gegenseitige Anziehung aufhebe, so sinke das Quecksilber auf die gewöhnliche Höhe von 29 bis 30 Zoll herab.

Ein anderer Versuch ist dieser: wenn zwey ebene glatt polirte Glasplatten so mit einander verbunden werden, daß ihre Flächen in einer geringen Entfernung von einander parallel sind, und sie auf solche Art mit den untern Rändern vertikal ins Wasser getaucht werden, so steigt dies zwischen ihnen merklich über die Wasserfläche in die Höhe, und zwar um desto höher, je geringer die Entfernung der beyden parallel laufenden Glasflächen von einander ist. Beträgt diese Entfernung ohngefähr $\frac{1}{100}$ Zoll, so erhebt sich das Wasser etwa 1 Zoll über die äussere Wasserfläche. Auf eben diese Art steigt auch zwischen zwey glatt polirten und in geringer Entfernung von einander parallel gehenden Marmorplatten Wasser in die Höhe, so wie auch in den Haarröhrchen. Der

Erfolg aller dieser Versuche findet sowohl im luftvollen als auch im luftleeren Raume statt. Daraus schließt nun Newton, es müsse nothwendig zwischen den Wassertheilen und Glastheilen eine stärkere gegenseitige Anziehung statt haben, als die Wassertheile unter sich selbst besitzen.

Wenn ferner zwey glatte reine Glasstreifen unter einem Winkel von 10 bis 15 Minuten über einander gesetzt, und die beyden innern Flächen vorher mit dünnflüssigem Oele mittelst eines Pinsels befeuchtet werden, hiernächst aber zwischen selbige ein Tropfen dieses Oels so gebracht wird, daß er beyde Glasstreifen berührt, so wird er sich mit beschleunigter Geschwindigkeit nach dem Winkel beyder Glasplatten hinbewegen. Denn beyde Glasplatten ziehen den Tropfen an, und verursachen dadurch eine Bewegung nach derjenigen Richtung hin, wo die Anziehung immer größer wird. Hawksbee, welcher sich mit Versuchen dieser Art beschäftigte, fand, daß hier die Anziehung beynahe im verkehrten verdoppelten Verhältnisse der Entfernung der Mitte des Tropfens von dem Scheitelpunkte des Winkels, unter welchem beyde Glasstreifen gegen einander geneigt sind, wirkt.

Uebrigens verwahrt sich Newton vor dem Vorwurfe, als ob er dadurch den Theilen der Körper wesentlich eine anziehende Kraft zuschreibe, indem er ausdrücklich anführt, daß zwar alle die angeführten Erscheinungen auf anziehende Kräfte der materiellen Theile hinwiesen, allein sie uns gänzlich unbekannt wären, und besonders durch sorgfältig angestellte Versuche näher entwickelt werden müßten. Er scheint vielmehr geneigt zu seyn, die Ursache des Zusammenhanges der kör-

körperlichen Theile von dem Drucke des Aethers abzuleiten, ohne sich jedoch weitläuftig darüber auszulassen.

Von der expansiven Elasticität redet zwar Newton mit ausdrücklichen Worten nicht, führt sie aber doch der Sache nach an. Er stellt folgenden Satz auf: In einer flüssigen Materie, welche aus Theilchen, die sich zurückstoßen, besteht, und deren Dichtigkeit sich wie die zusammendruckende Kraft verhält, müssen sich die zurückstoßenden Kräfte der Theilchen im umgekehrten Verhältnisse der Entfernung ihrer Mittelpunkte befinden; und eine Anhäufung von Theilchen, welche einander nach diesem Gesetze zurückstoßen, müsse eine elastische Flüssigkeit ausmachen, deren Dichtigkeit sich wie die zusammendruckende Kraft verhält[t]).

Beweis.

Wenn man sich vorstellt, die in dem kubischen Raume eingeschlossene flüssige Materie (fig. 31.) ACE werde durch eine Kraft in den kleinern kubischen Raum ace zusammengepreßt, so werden sich nicht allein die Entfernungen derjenigen Theile, welche in beyden kubischen Räumen eine ähnliche Lage gegen die übrigen haben, wie die Würfel der Seiten AB und ab, sondern auch die Dichtigkeiten der flüssigen Materie wie die kubischen Räume verhalten. In der Seitenfläche ABCD verzeichne man das Quadrat DB = der Seitenfläche abcd, so wird sich ver-

mö-

t) Princip. lib. I. prop. XXIII.

möge der Voraussetzung die druckende Kraft des im kubischen Raume a d e enthaltenen Flüssigen gegen das Quadrat d b zu der druckenden Kraft des im kubischen Raume A D E enthaltenen Flüssigen gegen das Quadrat D P, wie die respektiven Dichtigkeiten der flüssigen Materie d. i. wie $ab^3 : AB^3$ verhalten. Nun verhält sich aber der Druck der im Raume D E enthaltenen Flüssigkeit gegen das Quadrat D B zu dem Drucke der nämlichen Flüssigkeit gegen das Quadrad $DP = db$, wie das Quadrat D B zum Quadrate d b. Diesemnach ist das Verhältniß der druckenden Kraft gegen das Quadrat D B zu der druckenden Kraft gegen das Quadrat d b gleich dem Verhältnisse $ab^3 . AB^2 : AB^3 . ab^2 = ab : AB$. Werden die beyden Würfel D E und d e so geschnitten, daß die Ebenen der Schnitte durch die Mitte der Würfel gehen, so wird dadurch zugleich die Flüssigkeit in zwey Hälften getheilt, welche sich gegenseitig noch eben so drucken, wie sie von den Ebenen A C und a c gedruckt werden, d. i. im Verhältnisse $ab : AB$; folglich sind die zurückstoßenden Kräfte, welche diese Druckungen vorstellen, in dem nämlichen Verhältnisse. Nun verhalten sich aber wegen derselben Anzahl und der ähnlichen Lage der flüssigen Theilchen in beyden Würfeln die Kräfte, welche alle Theile in Rücksicht der ebenen Schnitte E F G und e f g auf alle ausüben, wie die Kräfte, welche die einzelnen Theile gegen die einzelnen ausüben; daher ist das Verhältniß der zurückstoßenden Kräfte, welche die einzelnen Theile gegen die einzelnen in Rücksicht des Schnittes F G H im größern Würfel ausüben, zu den Kräften, welche die einzelnen Theile gegen die einzelnen in Rücksicht des Schnittes f g h im kleineren Würfel ausüben, dem Verhältnisse $ab : AB$ d. i. dem verkehrten Verhältnisse der Entfernungen der Theile gleich.

Wenn

Wenn ferner umgekehrt die zurückstoßenden Kräfte der einzelnen Theilchen im verkehrten Verhältnisse ihrer Entfernungen sind d. i. wenn sie sich verkehrt wie die Seiten der Würfel AB und ab verhalten, so werden die Summe aller Kräfte in dem nämlichen Verhältnisse, und die Druckungen der Seitenflächen DB und db in dem Verhältnisse der Summe der Kräfte seyn; und der Druck des Quadrats DP wird sich zum Drucke des Quadrats DB wie $ab^2 : AB^2$ verhalten. Mithin verhält sich der Druck des Quadrats DP zum Drucke des Quadrats db wie $ab^3 : AB^3$ d. h. die zusammendruckenden Kräfte verhalten sich wie die Dichtigkeiten.

Aus ähnlichen Schlüssen zeigt Newton überhaupt, wenn sich die zurückstoßende Kraft verkehrt wie die nte Potenz der Entfernung der Mittelpunkte verhalte, so verhalte sich die zusammendruckende Kraft wie die $\frac{n+2}{3}$te Potenz der Dichtigkeit.

Zuletzt führt er aber noch ausdrücklich an, daß er dies blos als einen mathematischen Satz, nicht aber als eine Erklärung einer physischen Ursache anführe: An vero, sagt er, fluida elastica ex particulis se mutuo fugantibus constent, quaestio physica est. Nos proprietatem fluidorum ex ejusmodi particulis constantium mathematice demonstravimus, ut philosophis ansam praebeamus quaestionem illam tractandi.

In seiner Optik u) redet er von der zurückstoßenden Kraft der elastischen Flüssigkeiten viel bestimmter. Er

u) Opticc. Lausan. 1740. 4. p. 321.

Er sagt nämlich, so wie in der Algebra die negativen Größen da anfangen, wo die positiven aufhören oder verschwinden, so muß in der Mechanik da, wo die Anziehung aufhört, eine zurückstoßende Kraft an deren Stelle treten. Das Daseyn einer solchen Kraft scheint aus der Zurückwerfung und Beugung des Lichts zu folgen; denn in beyden Fällen wird der Strahl vom Körper ohne unmittelbare Berührung zurückgestoßen. Auch scheint dies aus dem Ausflusse des Lichts zu folgen; denn sobald ein Lichtstrahl aus einem leuchtenden Körper durch vibrirende Bewegung seiner Theile in Erschütterung gebracht und aus seiner anziehenden Sphäre herausgekommen ist, so pflanzt er sich mit ungemeiner Schnelligkeit fort. Ferner scheint es auch aus der Erzeugung der Luft und der Dämpfe zu folgen; denn die durch Hitze und Aufbrausen aus den Körpern getriebenen Theilchen entfernen sich, sobald sie aus dem Wirkungskreise der Anziehung des Körpers heraus sind, von ihm und von einander selbst mit großer Gewalt, und fliehen die Rückkehr, so daß sie bisweilen wohl 10, 100, 1000mal mehr Raum einnehmen, als vorher, da sie noch die Gestalt eines dichten Körpers hatten. Eine so ungemeine Zusammenziehung und Ausdehnung kann man sich kaum denken, man mag sich die Lufttheilchen als elastisch, oder in einander verflochten, oder wie Reifen, oder sonst, wie man will, vorstellen, wenn sie nicht eine zurückstoßende Kraft besitzen, mit welcher sie einander fliehen. Die Theilchen der flüssigen Körper, welche keinen großen Zusammenhang unter sich zeigen, und so klein sind, daß sie sehr leicht in Bewegung versetzt werden können, werden schon durch eine gelinde Wärme verdünnt und flüchtig gemacht, da hingegen die gröbern Theile der dichtern Körper, welche unter sich stär-

stärker zusammenhangen, eine weit größere Wärme erfordern, ehe sie verflüchtigt werden. Solche Körper, welche durch das Aufbrausen verdünnt werden, verwandeln sich in wahre und bleibende Luft; und eben diese Theilchen, welche bey der Berührung derselben so fest zusammenhängen, gehen jetzt mit der größten Gewalt aus einander, und lassen sich sehr schwer wieder zusammenbringen. Und weil die Theilchen einer wahren und dauerhaften Luft gröber sind, und aus dichtern Körpern erzeugt werden, als die Theilchen der Dämpfe, so läßt es sich leicht begreifen, daß die wahre Luft bey sonst übrigens gleichen Umständen ein größeres Gewicht besitzt, als die Dämpfe, und daher die feuchte Atmosphäre viel leichter als die trockene ist. Ferner scheint es, daß es eben der zurückstoßenden Kraft zuzuschreiben sey, daß die Fliegen auf dem Wasser laufen können, ohne ihre Füße naß zu machen.

Was die Bildung der flüssigen Materien in die Kugelgestalt betrift, so leitet Newton dieselbe von der nämlichen Ursache, durch welche sich unsere Erde und die Meere zu einer Kugel bilden, d. i. von der Schwere der materiellen Theile gegen einander, ab; guttae corporis fluidi, sagt er, ut figuram globosam induere conentur, facit mutua partium suarum attractio; eodem modo, quo terra mariaque in rotunditatem undique conglobantur, partium suarum attractione mutua, quae est gravitas.

Dies sind Newton's Gedanken von dem Zusammenhange der körperlichen Theile unter einander, und den davon abhangenden Zuständen der verschiedenen Körperarten. Es ist gar nicht zu läugnen, daß Newton auch bey diesem Phänomene weit richtiger

als alle seine Vorgänger dachte. Anfänglich wurden zwar diese seine Vorstellungen von dem Anziehen der körperlichen Theile in der Berührung, so wie sein System überhaupt bestritten; allein seitdem seine Theorie von der Gravitation für die richtigste in der Natur als allgemein anerkannt wurde, so pflichtete man auch seiner Meynung, daß sich die körperlichen Theile in der Berührung anziehen, bey.

Ein Schüler von Newton, Krill [v]), suchte für die Anziehung beym Berühren und in sehr geringen Entfernungen einige Regeln anzugeben, und daraus den Zusammenhang und die davon abhängenden Zustände der verschiedenen Körper zu erklären, und Freind [w]) wendete die nämlichen Sätze etwas umständlicher zur Erklärung der chemischen Erscheinungen und Operationen an. Allein bey allen diesen Erklärungen vermißt man die nöthige Deutlichkeit und befriedigende Vollständigkeit, welche bey Phänomenen dieser Art nothwendig erfordert worden. Die nachmaligen Fortschritte in der Chemie haben gezeigt, daß sie keinesweges befriedigen.

Die meisten von Newton's Zeitgenossen waren noch große Verehrer von Descartes, daher auch dessen System in einem ungemein großen Ansehen stand. Daher kam es auch wohl, daß selbst Newton den Grund des Zusammenhanges von dem Drucke einer feinen flüssigen Materie herzuleiten nicht abgeneigt war. Schon einige Jahre vorher, ehe noch Newton seine Gedanken öffentlich bekannt machte, suchte Jakob

v) Introductio ad veram physicam. Oxoniae 1700. 8.

w) Praelectiones chymicae. Oxon. 1704.

kob Bernoulli [x]) den Zusammenhang der körperlichen Theile unter einander aus dem Drucke einer auf sie wirkenden flüssigen Materie zu erklären. Für diese Materie nahm er zuerst die Luft an. Allein da der Zusammenhang der materiellen Theile im luftleeren Raume nicht im mindesten geschwächt wird, welches Bernoulli zuletzt selbst einsah, so betrachtete er dies sogar als einen Beweis für das Daseyn einer äusserst feinen, flüssigen und elastischen Materie, welche auf Theile, die sich genau berühren, und zwischen welche sie sich also nicht aufhalten kann, nur von aussen her wirke und sie zusammendrucke. Besitze ein Körper viele Zwischenräume, und verstatte also dem Aether in das innere zu dringen, und durch einen Gegendruck von innen heraus entgegen zu wirken, so sey der Zusammenhang schwächer; werde endlich der innere Gegendruck eben so stark, als der von aussen, so sey der Körper flüssig.

Von der Elasticität der Körper haben die Physiker in diesem Zeitraume verschiedene Meynungen gehabt. Die meisten erklärten sie mit Cartesius durch eine die Körper durchströmende flüssige Materie, welche bald der Aether, bald das Elementarfeuer u. s. f. seyn sollte. Einige nahmen an, daß sich jedes Theilchen dieser Materie um eine eigene Axe drehe, andere hingegen, wie Malebranche, ließen mehrere Theilchen einen Wirbel um einen gemeinschaftlichen Mittelpunkt bilden, und dadurch eine Schwungkraft erhalten, welche den Wirbel, wenn er durch die veränderte Gestalt des festen Körper abgeplattet oder in ein Sphäroid verwandelt wird, antrieb, ihre vorige Gestalt

x) Diss. de gravitate aetheris. Amst. 1683. 8.

stalt wieder anzunehmen; noch andere schrieben der feinen Materie oder dem Aether selbst Elasticität zu, und glaubten, er treibe durch seine eigene Wiederherstellung in den vorigen Raum die Theile des gespannten Körpers in ihre vorige Lage zurück.

Andere, welche alle diese Erklärungen mit Recht für unzulänglich hielten, nahmen eine zurückstoßende Kraft zwischen den Theilchen der Körper selbst an. Wenn man einen elastischen Körper zusammendrucke, so werden seine Poren enger, und seine Theilchen rukken näher an einander, so daß immer eines in den Wirkungskreis der zurückstoßenden Kraft des andern tritt. Dadurch nimmt aber die zurückstoßende Kraft zu, und zwar um desto mehr, je näher die Theilchen an einander kommen, und treibt daher die Theilchen in die vorige Figur wieder zurück. Auf solche Art erhalten die Metalle eine größere Elasticität, wenn sie gehämmert werden, und Körper mit weiten Zwischenräumen sind weniger elastisch.

Was die Elasticität der flüssigen Materien und besonders der Luft betrifft, so haben sie sehr viele mit Cartesius aus einer innern Bewegung ihrer Theile ableiten wollen, ob sie gleich diese Bewegung verschiedentlich bestimmen, und bald in einer Umdrehung eines jeden Theils um seine Axe, bald in einen Wirbel mehrerer Theilchen um einen gemeinschaftlichen Mittelpunkt bestehen lassen.

Rohault [y]), de la Hire, Varignon [z]) und andere suchten die Elasticität der Luft aus der Ge-

y) Tractatus physicus. Amst. 1708. 8. P. III. L. II. §. 7.
z) *du Hamel* historia Acad. Paris 1701. p. 404.

Gestalt ihrer Theilchen abzuleiten, indem sie sich dieselben wie kleine Flocken Baumwolle, oder wie Reisen, oder elastische Federn u. d. gl. vorstellten.

s'Gravesande a), ein Anhänger von Newton, ließ sich in die spekulativen Untersuchungen über die Ursache der Elasticität nicht ein, sondern entwikkelte vielmehr die Gesetze der Elasticität der festen Körper etwas genauer. Dabey setzt er voraus, daß die festen elastischen Körper aus dünnen Fäden oder Fibern zusammengesetzt sind. Daher untersucht er zuförderst, als den einfachsten Fall, die Elasticität der Metallsaiten, welche solche elastische Fäden selbst vorstellen.

Die Fasern besitzen keine Elasticität, wenn sie nicht mit einer gewissen Kraft gespannt werden; denn eine sehr schlaff gespannte Saite stellt ihre vorige Lage nicht wieder her, wenn sie geändert worden ist. Was für ein Grad der Spannung aber erfordert werde, bey welchem sie die Elasticität zu zeigen anfängt, das ist durch Versuche noch nicht ausgemacht. Eine allzustark gespannte Saite verliehrt ihre Elasticität, und auch dieser Grad der Spannung ist unbekannt. Es ist folglich die Spannung, welche die Fasern elastisch macht, in gewisse Grenzen eingeschlossen.

Hieraus erhellet der Unterschied der elastischen und unelastischen Körper, und warum gewisse Operationen den Körpern ihre Elasticität benehmen oder wiedergeben. So erhalten z. B. die Metalle durchs Hän-

a) Physices elementa mathematica T. I. Lugd. Bat. 1725. 4. Lib. I. cap. XXIX.

Hämmern Elasticität, die sie in der Glühehitze wieder verliehren.

Hiernächst beschreibt s'Gravesande die Maschine, die er zur Anstellung seiner Versuche mit Metallsaiten gebrauchte, aus welchen er folgende Gesetze folgerte:

Die Gewichte, welche gleiche Fibern unter verschiedenen Spannungen gleich stark verlängern, verhalten sich wie die Spannungen. Wenn z. B. drey gleiche Saiten in den Verhältnissen 1, 2, 3 gespannt gleich stark verlängert werden, so sind Gewichte erforderlich, welche sich wie 1, 2, 3 verhalten.

Die kleinsten Verlängerungen einer und eben derselben Fiber verhalten sich wie die Kräfte, durch welche sie hervorgebracht werden. Wird z. B. eine mit einer Kraft von 100 Unzen Gewicht gespannte Metallseite nach und nach mit 101, 102, 103 u. s. Unzen Gewicht gespannt, so werden sich die Verlängerungen der Saite sehr nahe, wie 1, 2, 3 u. s. verhalten.

Die kleinsten Beugungen einer und eben derselben Fiber verhalten sich wie die beugenden Kräfte.

Bey gleichartigen, gleich dicken und gleich gespannten Saiten verhalten sich die Verlängerungen durch gleiche Zusätze von Gewichten, wie die Längen der Saiten, welches auch für ihre Beugungen gilt.

Wenn eine gespannte Saite (fig. 32.) AcB in die Lage ACB gebracht wird, so geht sie, wenn die beugende Kraft nachläßt, in ihre gerade Lage AcB wieder zurück. Und da die Elasticität wie eine absolute

lute Kraft wirkt, so erfolgt dies mit beschleunigter Bewegung; mithin ist die Geschwindigkeit am größten, wenn die Saite in die gerade Lage AcB zurückkommt. Mit dieser Geschwindigkeit wird sie nun weiter fortgeführt, und beugt sich aufs neue in die Lage ADB mit verminderter Bewegung, bis sie in D verschwindet. Von hier geht sie wieder in die gerade Lage AcB zurück, und die dadurch erlangte Geschwindigkeit treibt sie abermals in die Lage ACB. Auf solche Art entstehen abwechselnde Schwingungen von ACB und ADB, und wieder zurück, gerade so, und aus dem nämlichen Grunde, wie beym Pendel. Diese Schwingungen sind der Zeit nach gleich lang, wenn sie gleich dem Raume CD nach stärker oder schwächer sind, wie beym Pendel, das in der Radlinie schwingt. Bey ungleich gespannten, sonst gleichen, Saiten hingegen sind die Schwingungen nicht gleich lang, sondern die Quadrate der Zeiten, durch welche die Schwünge dauern, verhalten sich verkehrt, wie die spannenden Kräfte.

Wenn die Saiten ähnlich, gleich gespannt, aber von verschiedener Länge sind, so verhalten sich die Schwingungszeiten wie die Längen. Sind sie hingegen von ungleicher Dicke, sonst aber gleich, so verhalten sich die Schwingungszeiten wie die Durchmesser oder Dicken.

Setzt man also bey zwey gleichartigen Saiten die Längen derselben L, l, die Dicken D, d, die spannenden Kräfte P, p, und die Schwingungszeiten T, t, so ergiebt sich aus dem vorhergehenden folgende Gleichung:

$$\frac{L^2 D^2}{T^2 P} = \frac{l^2 d^2}{t^2 p};$$

wegen der cylindrischen Gestalt der Saiten aber verhalten sich die körperlichen Räume, folglich auch ihre Massen oder Gewichte wie $LD^2 : ld^2$; setzt man also die Gewichte Q, q, so folgt

$$\frac{QL}{T^2 P} = \frac{ql}{t^2 p}, \text{ und daher}$$

$$T^2 : t^2 = \frac{QL}{P} : \frac{ql}{p} \text{ d. h.}$$

die Quadrate der Schwingungszeiten verhalten sich wie die Quotienten der Produkte aus den Längen und Gewichten der Saiten durch die spannenden Kräfte dividirt.

Alle diese Gesetze lassen sich auch bey elastischen Blechen, wie z. B. den spannenden Uhrfedern u. d. g. anwenden, indem man diese als eine Menge an einander gelegter und mit einander verbundener elastischen Saiten betrachten kann.

s' Gravesande wendet diese Gesetze auch auf elastische Kugeln an, und beweiset, daß sich die Abplattungen, welche sie beym Stoße an feste Körper erleiden, wie die Geschwindigkeiten des Anstoßens verhalten müssen.

Die merkwürdigen Erscheinungen, welche sich an den sogenannten batavischen Glastropfen zeigen, waren noch in den damaligen Zeiten ein Gegenstand der Verwunderung, und verschiedene, welche sich damit beschäftigten, fanden einige vorher noch nicht bemerkte Wahrnehmungen.

Sturm

Sturm[b]) bemerkte, daß die Springgläser zerbrechen, es mögen sich in ihnen viel oder wenig Luftblasen befinden. Die Splitter dieser Gläser verwunden nicht, wie gewöhnliches Glas, wenn man sie zwischen den Fingern reibt. Sonst verliehren die Springgläser und Glaswürmer ihre Eigenschaft durch das Feuer, halten aber doch eine starke und schnelle Hitze aus, wie z. B. die Hitze von geschmolzenem Bleye, in welches man sie eintaucht.

D. Homberg[c]) fand, daß die Glastropfen im luftleeren Raume nicht allein mit größerer Heftigkeit, wie in der freyen Luft, zersprangen, sondern die Splitter waren auch viel kleiner, wobey er noch überdem dies besondere bemerkte, daß beym Zerspringen sich einiges vibrirendes Licht zeigte.

Wolff[d]), welcher die Versuche mit den Springgläsern auf mannigfaltige Art wiederholte, bemerkte, daß die Splitter durch Vergrößerungsgläser betrachtet allenthalben abgestumpft sind, und daher die Finger beym Reiben dieser Splitter nicht verletzen können.

Rohault[e]) nimmt an, daß die äussern Theile, weil sie zuerst erkalten, sich mehr zusammenziehen, als die innern, deren Poren mithin größer sind, und nach der Oberfläche zu immer mehr und mehr abnehmen. Aus der Ungleichheit dieser Poren und der Bewegung der feinen Materie sucht er die meisten Phänomene an selbigen zu erklären. Er ließ drey Springgläser, die

b) Collegium curiosum P. II. tent. 6.

c) *du Hamel* historia Academiae. p. 307.

d) Nützliche Versuche. Halle 1742. 8. Th. III. Cap. III.

e) Tractatus physicus. P. I. cap. XXII.

das eine am Ursprunge des Schwanzes, das andere an der Seite des Kopfes, und das dritte am untern Ende desselben abschleifen, und alle drey zersprangen, als man zu den großen Poren gekommen war. Wolff hingegen zeigte von diesem letzten gerade das Gegentheil.

D. Homberg leitet die Eigenschaft des Zerspringens der Glastropfen von der Elasticität ab, die sie durchs schnelle Abkühlen im höchsten Grade erlangen. Wenn nämlich der Stiel abgebrochen werde, so wirke die elastische Kraft der übrigen Glastheile mit der größten Geschwindigkeit auf einander, indem sie sich gleichsam wie elastische Kugeln stießen, und auf solche Art von einander getrennt würden. Daß sie aber im leeren Raume mit einer größern Gewalt als in der freyen Luft zersprängen, rühre daher, weil die Luft, als elastisches Mittel, der elastischen Kraft der Theile der Glastropfen entgegen wirke, welches aber im luftleeren Raume nicht statt finde, wo auch bisweilen der Recipient von den umherfahrenden Splittern zerbrochen werde. Diese Erklärung über das Zersprengen der Glastropfen kommt mit derjenigen, die schon Hobbes und Montanari (Th. I. S. 293.) gegeben haben, völlig überein. Auch haben sie Sturm und Wolff angenommen, und sie ist auch wohl unter allen die richtigste.

Ueber die merkwürdigen Erscheinungen der Haarröhrchen haben Einige neue Bemerkungen hinzugethan, welche angeführt zu werden verdienen. Ludwig Carré [f]) stellte mit Geoffroy verschiedene Versuche an, aus welchen er einige wichtige Folgen zog. Er ge-

f) Memoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris an. 1705.

gebrauchte hiezu Haarröhrchen von $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{6}$ und $\frac{1}{10}$ einer Linie des Durchmessers der Oefnung.

In dem ersten $12\frac{1}{2}$ Zoll langen Haarröhrchen stieg das Wasser, worin es getaucht ward, 10 Linien über die äussere Wasserfläche hinauf, der Weingeist 4 Linien, das Terpentinöl eben so hoch, das zerflossene Weinsteinöl 6 Linien, der Salpetergeist 4 Linien und das Olivenöl 5 Linien.

Diese Versuche wiederholte er mit einem andern $9\frac{1}{2}$ Zoll langen Haarröhrchen von dem nämlichen Durchmesser der Oefnung. Die dadurch gefundenen Resultate waren die nämlichen, wie im vorigen Falle. Das Quecksilber hingegen stieg in demselben noch nicht bis zur Höhe der äussern Quecksilberfläche.

Aus diesen Versuchen schloß nun Carré gegen Honoratus Fabri und andere, daß es auf die Höhe der Haarröhrchen gar nicht ankomme, indem einerley Flüssigkeit in gleich weiten obgleich ungleich langen Haarröhrchen gleich hoch über die äussere Fläche hinaufsteige.

In dem andern Haarröhrchen von $\frac{1}{6}$ Linie im Durchmesser der Oefnung und 15 Zoll Höhe stieg das Wasser auf 29 Linien, und der Weingeist auf 12 Linien. In einem andern 5 Zoll langen aber gleich weitem Haarröhrchen stieg das Wasser auf $27\frac{1}{2}$ Linien, und der Weingeist auf 12 Linien.

Alle diese Versuche zeigten nicht nur, daß einerley Flüssigkeit in gleich weiten Haarröhrchen von unterschiedener Länge gleich hoch hinaufsteigt, sondern

überdem auch, daß sich die Höhen, auf welche verschiedene Liquoren steigen, nicht wie die specifischen Gewichte der Liquoren verhalten.

Ausserdem bemerkte auch Carré, daß in einerley Haarröhrchen die Flüssigkeit im luftleeren Raume noch um etwas höher, als in der freyen Luft, aufsteige.

Auch fand er, daß das Wasser in den Haarröhrchen, wenn sie inwendig mit Fett bestrichen waren, nicht stieg, bis der bestrichene Theil ganz unter Wasser stand.

Die Meisten in diesem Zeitraume erklärten die Erscheinungen der Haarröhrchen noch aus dem Drucke der Luft, wie Sturm, Leuwenhoek, Rohault, u. a. Jakob Bernoulli[g]) insbesondere glaubte, die Lufttheilchen, als Kügelchen, paßten selten ganz genau in die Oefnung einer Röhre, die äussersten am Rande träfen die Wand der Röhre so, daß sie noch von ihr getragen würden, und wenn etwa 6 solche Theilchen im Durchmesser Platz hätten, so würden 2 davon vom Rande der Röhre getragen, daher druckten nur noch 4 abwärts, und es sey also der Druck der Luft an dieser Stelle schwächer als der äussere, daher die Flüssigkeit höher hinauf getrieben werde. Allein diese Erklärung kann schon deßwegen nicht statt finden, weil sonst daraus folgen müßte, daß sich die Höhen, worauf verschiedene Flüssigkeiten steigen würden, wie die specifischen Gewichte derselben verhielten.

Carré hingegen leitete ganz richtig die Phänomene der Haarröhrchen aus dem Anhängen des Wassers

g) De gravitate aetheris. Amst. 1680. 8. p. 239.

sers an das Glas ab; nur begieng er darin wieder einen Irrthum, daß er behauptete, die das Glas berührenden Theile des Wassers verlöhren ihr ganzes Gewicht, indem hieraus nothwendig folgen müßte, daß das Wasser höher steige, wenn man die Röhre tiefer einsenkt. Daß aber das Wasser in den Haarröhrchen im luftleeren Raume noch um eine Linie höher als in der freyen Luft steige, erklärt er aus den Lufttheilchen, welche das Wasser enthält, indem diese durch Wegnahme der äussern Luft nicht mehr gedruckt würden, mithin vermöge ihrer Elasticität sich ausbreiteten, und daher die Wassersäule in etwas vergrößerten.

Die Meynung, daß das Wasser durchs Anhängen an das Glas sein ganzes Gewicht verliehre, verwarf mit Recht du Fay[h]); dieser glaubte vielmehr, daß es eine eigene wirkende Ursache geben müsse, welche in den Haarröhrchen nicht allein dvs Wasser über die äussere Wasserfläche hinauftreibe, sondern auch das Quecksilber unter die Quecksilberfläche hinabdrucke.

Petit[i]), welcher mit Carré einerley Ursache über die Erscheinungen der Haarröhrchen annahm, führt folgenden merkwürdigen Versuch an: er nahm einen Heber (fig. 33.) abcd von zwey ungleich weiten Schenkeln ab und bcd; in den weiten ab füllte er Quecksilber bis zur Oberfläche ff, welches sich in das Haarröhrchen bcd begab, und in c unter der Fläche ff stehen blieb; in beyden Schenkeln waren die Ober-

h) Memoir. de l'Acad. royal. des scienc. de Paris an. 1724.
i) Ibid.

Oberflächen convex. Hiernächst leerte er den Heber wieder vom Quecksilber, und bestrich die innern Wände desselben mit zerlaßenem Wachse. Darauf füllte er ihn abermals mit Quecksilber, welches in das Haarröhrchen bcd über die Fläche ff bis k hinaufstieg, und eine concave Fläche bildete. Endlich brachte er in den weitern Schenkel ab ein Haarröhrchen eb von eben dem Durchmesser wie cd, in welches das Quecksilber bis i in der Horizontalfläche ic stieg.

Einen ähnlichen Versuch stellte du Fay k) an; die weitere Röhre ab war aber länger, als das gebogene Haarröhrchen bcd. Goß er nun die Röhre ab ganz voll Wasser bis a, so floß es aus der Oefnung d des Haarröhrchens heraus, indem es in die weitere Röhre herabsank; doch dauerte dies Abfließen aus der Oefnung d nur so lange, bis das Wasser in der weitern Röhre ab etwa 7 bis 8 Linien höher stand, als die Oefnung d war. Der nämliche Erfolg fand statt, wenn er den Versuch mit Quecksilber anstellte. Ferner nahm er eine andere gebogene Röhre, wovon der weitere Theil ab kürzer als das Haarröhrchen bcd war. Wenn er nun die Oefnung a mit dem Finger verschloß, und die Röhre durch die Oefnung d mit Quecksilber füllte, hiernächst aber den Finger von der Oefnung a hinwegzog, so floß das Quecksilber so lange daraus ab, bis es im Haarröhrchen zur Horizontalfläche der Oefnung a gekommen war. Neigte er hierauf die weitere Röhre ab ein wenig, so fiel auch das Quecksilber im Haarröhrchen etwas tiefer herab, und blieb nachher in diesem niedriger stehen als in der weitern Röhre.

D. Ju-

k) Memoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris an. 1724.

D. Jurin [l]) stellte noch andere merkwürdige Versuche an, welche hier ebenfalls angeführt zu werden verdienen. Er nahm eine Röhre, wovon der eine Theil (fig. 34.) rd ein Haarröhrchen, und der andere rc weiter war, beyde aber eine verschiedene Länge besaßen. Gesetzt nun, das Wasser wäre in der weitern Röhre rc für sich bis zur Höhe bf, so wie in der engen Röhre rd für sich auf die Höhe ap über der Wasserfläche im Gefäße gestiegen. Wenn er nun mit der Oefnung c der weitern Röhre das Wasser berührte, und dieselbe von oben nicht bis zur Höhe r mit Wasser anfüllte, so sank es in selbiger bis zur Höhe bf herab; wenn hingegen nur der geringste Theil Wassers mit in die enge Röhre rd trat, so blieb es in der ganzen Röhre dc hangen, wenn es auch in der engen Röhre rd die Höhe ap nicht erreichte.

Brachte er aber die Oefnung d (fig. 35.) der engen Röhre ins Wasser, und füllte die ganze Röhre dc bis an c mit Wasser an, so sank es in der weiten Röhre herab, und blieb in der engen nur bis zur Höhe fb hangen, welche eigentlich der Höhe der weitern Röhre zugehörte.

Um noch genauer die Stärke des Hängenbleibens des Wassers zu untersuchen, nahm er ein großes und weites Gefäß (fig. 36.), welches sich in ein Haarröhrchen c endigte; dies füllte er ganz mit Wasser an, und stürzte alsdenn die Oefnung ab auf eine andere Wasserfläche; nicht das geringste Wasser floß aus dem Gefäß.

Fer-

l) Philosoph. Transact. N. 355. p. 739.

Ferner nahm er ein cylindrisches Gefäß, welches sich oben in ein Hahrröhrchen endigte, füllte es mit Wasser so weit an, daß der obere Theil cfg noch leer war. Feuchtete er hierauf das Haarröhrchen oben in c nur mittelst eines Fingers inwendig an, so blieb das Wasser in diesem Gefäß ebenfalls hangen, wenn die untere Oefnung ab eine Wasserfläche berührte. Der nämliche Erfolg fand statt, wenn er zum Versuche Quecksilber gebrauchte.

Diese Phänomene ließen auf den ersten Anblick vermuthen, daß das Hängenbleiben des Wassers von dem Drucke der äussern Luft gegen die Oefnung ab abhange, indem nämlich die enge Oefnung c es nicht verstatte, daß auch Luft von oben her eindringen könne; allein dies konnte bey folgendem von D. Jurin angestellten Versuche nicht statt finden. Er nahm nämlich eine 35 Zoll lange und $\frac{1}{4}$ Zoll weite Röhre, deren eine Oefnung sich in ein Haarröhrchen endigte, füllte sie ganz mit Wasser an, und brachte sie unter den Recipienten einer Luftpumpe; das Wasser blieb aber in selbiger hängen, wenn gleich die Luft so viel möglich ausgeleert war.

D. Jurin erklärt diese Phänomene, so wie Hawksbee, aus der Anziehung, welche dem Wasser, das die innere Wand der Röhre berührt, sein Gewicht benehme, daher dasselbe von dem Drucke des Wassers im Gefäße erhoben, und von dem nächstfolgenden Ringe der innern Glaswand angezogen werde. Das Hängenbleiben des Wassers leitet er von dem Ringe der Glaswand her, welcher die obere Peripherie des Wassers zur Basis, und den Wirkungskreis der Anziehung des Glases zur Höhe hat.

Hawks-

Hawksbee, Jurin und s' Gravesande haben noch mancherley Versuche mit Glasplatten, zwischen welchen das Wasser freywillig aufsteigt, angestellt, welche auf dem nämlichen Grunde wie die Phänomene der Haarröhrchen beruhen. Unter andern nahm Hawksbee [m]) zwey ebene Glasplatten von 20 Zoll Länge (fig. 37.) adgb und aecb, welche er mit der einen Kante ab so an einander fügte, daß sie mit der andern dg und ec von einander abstanden, und den spitzen Winkel gbc von etwa 20 Minuten bildeten. In dieser Stellung brachte er sie vertikal ins Wasser, welches zwischen den Platten aufstieg, und die Figur lki annahm. Durch richtige Abmessung fand er, daß diese Curve eine wahre Hyperbel sey, deren Asymptoten ab und cd sind.

Eben so fanden Hawksbee und Jurin, daß das Quecksilber zwischen diesen beyden Glasplatten ebenfalls eine Hyperbel in umgekehrter Stellung bildete.

Auf den verschiedenen Zusammenhang der ungleichartigen Stoffe gründen sich noch verschiedene chemische Operationen, welche in der Natur eine so große Rolle spielen, als die Auflösung, Niederschlagung und Krystallisation. Es ist unmöglich, daß alle diese Operationen erfolgen können, ohne daß die materiellen Theile der ungleichartigen Stoffe verschiedentlich auf einander wirken. Die ersten Chemiker, welche die Chemie in eine wissenschaftliche Form brachten, hatten aber von allen diesen Wirkungen noch sehr unrichtige Begriffe. Erst Stahl und Henkel legten den ersten Grund zu richtigern Begriffen von der gegenseitigen

m) In append. phys. mech. exper. exp. 19. 20.

tigen Einwirkung der ungleichartigen Stoffe. Bey allen simpeln Auflösungen, wobey sich zwey oder mehrere Stoffe zu einem homogenen Ganzen vereinigen, müssen nothwendig diese auf einander wirken, und auf solche Art in ihrer innigen Verbindung einen Körper von eigener Natur bilden. Henkel machte besonders auf diesen Fall aufmerksam: wenn ein Stoff A mit einem andern B gar keine Verbindung eingeht, so kann man ihn doch mit diesem vermöge eines dritten C in genaue Verbindung setzen. Henkel nannte dies eine Aneignung (appropriatio). So verbinden sich Wasser und Oel (A u. B) nicht mit einander; kommt aber Laugensalz (C) hinzu, so geben sie endlich ein Gemisch von eigener Natur. Solche Verbindungen der ungleichartigen Stoffe dienen auch zur Zerlegung der Körper. Wenn z. B. zu einem aus zwey ungleichartigen Bestandtheilen A und B zusammengesetzten Körper ein anderer Stoff C gesetzt wird, welcher zu A eine stärkere Anziehung hat, als dieser gegen den vorher damit verbundenen B äussert, so vereinigen sich A und C mit einander; und wenn nun die Verbindung von diesen keine Anziehung mehr zu B hat, so wird dieser natürlich abgeschieden. Im Jahre 1718 unternahm es der ältere Geoffroy [n]) zuerst, die Wirkungen der vorzüglichsten Verbindungen und Zersetzungen der Stoffe in eine Tabelle zu bringen. Solchen Tabellen hat man nach der Zeit den Nahmen der Verwandtschaftstafeln beygelegt.

Daß die Anwendung einer Kraft erfordert werde, um den Zusammenhang der körperlichen Theile der

n) Tables des differens rapports observés en chimie entre differentes substances in den Memoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris an. 1718.

der festen Körper gegen einander aufzuheben, ist eine bekannte Sache. Schon Galilei hatte eine Regel angegeben, um den Widerstand zu schätzen, welchen der Zusammenhang der festen Theile der angewandten Kraft entgegensetzt. Seine Untersuchungen bezogen sich aber blos auf den so genannten respektiven Zusammenhang der festen Körper. Es ist auch bereits im ersten Theile S. 61. bemerkt worden, daß des Galilei Regel richtig wäre, wenn die Voraussetzung, auf welche sie sich gründet, daß alle Fibern des Körpers in der Ebene des Bruchs gleich stark widerstehen und zugleich aus einander reissen, in der Natur wirklich statt fände. Allein ehe der wirkliche Bruch geschieht, beugen sich die Fibern und dehnen sich aus, daher auch des Galilei Regel mit den Versuchen, die man über feste Körper gemacht hat, in den wenigsten Fällen übereinstimmt. Mariotte [o]) und Leibnitz [p]) haben den Umstand von der Biegsamkeit der Körper und der Ausdehnung der Fibern mit in Betrachtung gezogen. Wenn nämlich (fig. 38.) ABC eine Vertikalebene durch den Schwerpunkt des Balkens und auf der Ebene des durch das Gewicht P bey A verursachten Bruchs senkrecht ist, so müssen sich, noch ehe der Bruch bey A erfolgt, die Fibern bey I, L, N u. s. f. nach C, K, M u. s. f. ausdehnen. Diese Ausdehnung wird aber desto stärker seyn, je grösser ihr Abstand von A ist, so daß z. B. CI mehr gedehnt ist als KL, KL mehr wie MN u. s. f. Und weil diese Fibern die parallele Lage behalten, so ist AN : AL : AI = MN : KL : CI u. s. f. Nun wird ei-

o) Traité du mouvement des eaux P. V. Disc. II.

p) Acta erud. Lips. 1684. p. 385.

einerley Fiber desto stärker gedehnt, je stärker die Kraft ist, die sie zieht. Mariotte und Leibnitz nehmen an, die Größe dieser Ausdehnung der Fibern sey der Stärke der Kraft proportional, welche die Fiber dehnt. Was aber den Fibern in der Ebene BAC wiederfährt, das findet auch bey den übrigen Fibern in der Gegend des Bruchs, welche mit dieser parallel sind, statt. Der Mittelpunkt des Widerstandes bleibt noch in der geraden Linie AI, aber er liegt nun nicht mehr in der Mitte von AI oder AC, weil auf alle Punkte der Linie AI keine gleichen Kräfte mehr drucken. Jedes Stück dieser Linie, wie AN, wird von einem Theile der ganzen Gewalt gedruckt, welcher sich zur ganzen verhält, wie das Dreyeck AMN zum Dreyeck AIC. Die Richtungen der einzelnen Dehnungen jeder Fiber sind aber einander parallel, mithin muß die mittlere Richtung durch den Punkt G gehen, wenn man $AG = \frac{2}{3} AI = \frac{2}{3} AC$ nimmt. Zieht eine Kraft den Körper ACB nach seiner Länge AB, so werden alle Fibern CI, KL, MN u. s. gleich stark gedehnt. Reissen nun die Fibern nicht eher, als bis sie alle um die Länge CI gedehnt sind, so wird die absolute Kraft, welche den Körper nach seiner Länge zerreissen soll, doppelt so groß seyn müssen, als die Summe aller Kräfte, welche erfordert werden, die Fibern CI, KL, MN so zu dehnen, wie es die Figur vorstellt. Denn in dem letztern Falle reissen die Fibern nach und nach, und fangen schon an zu zerreissen, wenn nur die oberste Fiber um die Länge CI gedehnt ist. Im erstern Falle reissen die Fibern nicht, bevor sie nicht alle zugleich um die Länge CI gedehnt sind. Setzt man also die absolute Festigkeit des Körpers $= V$, so ist bey dem horizontalen Bruch des Körpers, welchen die Figur vorstellt, $AG \times \frac{1}{2} V = AB \times P$, oder

$\frac{1}{3} AC$

$\frac{1}{3} AC \times V = AB \times P$, mithin $P = \frac{\frac{1}{3} AC . V}{AB}$. Nimmt man $AC = AB$, so wird $P = \frac{1}{3} V$.

Diese Regel stimmt mit den Versuchen viel mehr überein, als die galileische, gleichwohl erinnerten Varignon[q]) und Jakob Bernoulli[r]) dagegen, daß der vorausgesetzte Satz, daß die Ausdehnung einer Fiber der ausdehnenden Kraft proportional sey, keinesweges als ausgemacht angenommen werden könne. Letzterer zeigt, es sey bey gedehnten Fibern das Verhältniß der größern Dehnung zur kleinern allemal kleiner, als das Verhältniß der größern dehnenden Kraft zur kleinern. Zugleich aber erinnert er, daß nicht allein die obersten Fibern, wie CI, ausgedehnt, sondern auch einige der untern bey A, wo der Bruch erfolgt, zusammengedruckt werden. Daß nun eine Fiber, welche von einem gewissen Gewichte um die Hälfte ihrer Länge zusammengedruckt ist, von einem doppelt so großen Gewichte nicht doppelt so viel zusammengedruckt werden könne, schließt Bernoulli daraus, weil sonst die Länge der Fiber dadurch auf Nichts gebracht würde, welches der Natur der Körper zuwider ist. Daher schließt er ferner, daß eben das für dehnende Kräfte gelte, weil dehnende und druckende Kräfte nur in Ansehung ihrer Richtung verschieden sind. Auf diese Voraussetzungen gründet Bernoulli seine Untersuchung über die Vergleichung der respektiven Festigkeit eines Körpers mit seiner absolu-

q) Memoir. de l'Academ. roy. des scienc. de Paris an. 1702.

r) Ibid. an. 1707.

soluten Festigkeit in einer eigenen Abhandlung [s]). Aus seinen Schlüssen bringt er die Folge heraus, es müsse $P < \frac{1}{3} V$ seyn, wenn $AB = AC$ ist; und es sey überhaupt $P < \frac{\frac{1}{3} AC . V}{AB}$. Mariotte fand durch seine Versuche allemal $P < \frac{1}{3} V$, aber auch $P > \frac{1}{4} V$; so daß also Bernoulli's Theorie hiemit sehr wohl übereinstimmt; allein gleichwohl hat Bernoulli die Sache noch nicht zur völlig überzeugenden Richtigkeit gebracht.

Die allgemeinste Untersuchung über die Vergleichung der respektiven und absoluten Festigkeit harter Körper hat Varignon angestellt, aus welchen sich weiter kein Auszug geben läßt.

Von Newton's wichtiger Entdeckung des Widerstandes der in Bewegung begriffenen Körper in einem flüssigen Mittel soll bald mit mehrern geredet werden.

Bewegung überhaupt.

Cartesius hatte schon die Eigenschaften der Bewegung deutlicher als alle seine Vorgänger gelehrt. Er erkannte sehr wohl, daß zur Hervorbringung einer jeden Bewegung eine äussere Ursache, eine Kraft, erfordert werde, und daß krummlinigte Bewegungen nicht anders, als durch Einwirkung einer stetig ablenkenden Ursache, entstehen könnten. Nur irrte er darin, daß er bey der Bewegung lediglich auf die Geschwindigkeit sahe, ohne auf die Richtung Rücksicht zu

s) Veritable hypothèse de la resistance des solides in opp. T. II. p. 976.

zu nehmen, nach welcher der bewegte Körper hingeht. Dieser sollte nämlich eine Kraft besitzen, seine Bewegung, wenn er vorwärts zu gehen gehindert würde, rückwärts, seitwärts u. s. f. fortzusetzen — eine Kraft, welche ihn immer in Bewegung zu erhalten sucht, gleich viel, ob es nach der vorigen Richtung oder nach einer andern geschehe. Ueberdies hatte auch Huygens die Lehre von der krummlinigten Bewegung mit neuen Theorien bereichert, und viele Materialien zur Aufführung eines Gebäudes gesammlet, zu welchem nur noch der Werkmeister fehlte. Newton endlich vollendete dieses Gebäude von der Theorie der krummlinigten Bewegung, und legte es seiner Mechanik der Himmelskörper und seiner physischen Astronomie zum Grunde. In der Vorrede seines unsterblichen Werkes unterscheidet er ausdrücklich die höhere Mechanik (mechanicam rationalem s. scientiam motuum et virium) von der gemeinen (mechanica practica s. scientia potentiarum ad artes manuales spectantium), und seit dieser Zeit hat man diesen Unterschied genau zu beobachten fortgefahren. Es ist sehr wahrscheinlich, daß Newton diese seine Entdeckungen seiner Fluxionsrechnung, welche zu gleicher Zeit von Leibnitz auf eine ganz verschiedene Art unter dem Nahmen der Differenzialrechnung erfunden wurde, zu verdanken habe.

Newton schreibt der Materie eine Kraft zu (vis insita s. vis inertiae), vermöge welcher sie Widerstand leistet, und welche verursacht, daß der Körper in seinem Zustande der Ruhe oder der Bewegung verharret. Um aber diesen Zustand zu verändern, ist eine äussere einwirkende Kraft (vis impressa) erforderlich, als Druck, Stoß, Centripetalkraft. Letztere heißt die-

diejenige, welche die Körper nach einerley Punkt, gleichsam als Mittelpunkt, hinziehet.

Hiernächst setzt Newton folgende Gesetze der Bewegung, die er Axiome nennt, fest:

1. Ein jeder Körper bleibt in dem Zustande, in welchem er sich einmal befindet, mithin in Ruhe, wenn er ruhet, und in Bewegung mit gleichförmiger Geschwindigkeit nach einerley Richtung, wenn er sich bewegt, wofern nicht andere äussere Kräfte seinen Zustand verändern. Dieses Gesetz ist seitdem unter dem Nahmen des Gesetzes der Trägheit als eines der ersten Grundsätze in der Mechanik eingeführt worden. Ueber die Folgen, welche man aus diesem Gesetze hergeleitet hat, sind verschiedene Streitigkeiten geführt worden, die aber erst weiter unten angeführt werden können.

2. Jede Geschwindigkeits- und Richtungsveränderung einer Bewegung ist der bewegenden Kraft proportional, und geschiehet nach der Richtung dieser Kraft.

3. Einer jeden Wirkung ist allemal eine gleiche Gegenwirkung entgegengesetzt. Wenn z. B. ein Pferd einen Stein fortzieht, so wird das Pferd eben so stark gleichsam gegen den Stein zurückgezogen. Newton hat dies Gesetz auch auf die Anziehungen der Himmelskörper angewendet; denn er sagt, wenn die Erde den Mond anziehet, so müsse auch vermöge dieses Gesetzes der Mond die Erde anziehen. Die Erfahrung bestätigt dies Gesetz allgemein.

Nach Festsetzung dieser Begriffe und der Gesetze der Bewegung handelt er nun die Lehre von der krummlinig-

linigten Bewegung ganz allgemein ab, wovon das wesentlichste in den folgenden Artikeln mitgetheilt werden soll.

Cartesius und Mersenne hatten angeführt, daß die Größe der Bewegung dem Produkte aus der Masse in die Geschwindigkeit gleich sey, und daß das Vermögen, welches entweder ein ruhender Körper gegen das Hinderniß, auf welches er druckt, oder ein bewegter Körper gegen einen andern, den er im Wege antrift, ausübt, der Größe der Bewegung proportional sey; daher werde es eben so, wie diese, durch MC d. i. durch das Produkt der Masse in die Geschwindigkeit C ausgedruckt. Dieses Produkt nahm Cartesius mit Mersenne als das Kräftenmaas der Körper an. Vor Leibnitz hatte kein einziger daran gedacht, diesen Satz nur im mindesten zu bezweifeln; Leibnitz [t]) aber stellte gegen die Cartesianer ein neues Gesetz für das Kräftenmaas auf, nämlich das Produkt der Masse in das Quadrat der Geschwindigkeit. Dieses Gesetz trug er nicht nur unter gewissen Bedingungen vor, sondern läugnete Cartesens Behauptung absolut und ohne alle Einschränkung.

Der Herr von Leibnitz wurde zuerst durch dasjenige, was man bey dem freyen Falle der Körper wahrnimmt, auf diese seine Meynung geleitet; denn sein Beweis beruhet ganz darauf. Wenn nämlich eine Masse A von 1 Pfund durch eine Höhe von 4 Ellen falle, so erhalte sie dadurch eine Kraft, vermöge welcher sie wieder eben so hoch steigen könne; wenn hin-

t) G. G. L. brevis demonstratio erroris memorabilis Cartesii et aliorum etc. in Act. erudit. Lipſ. 1686. menſ. Mart. p. 161. ſqq.

hingegen eine andere Masse B von 4 Pfund durch eine Höhe von 1 Elle falle, so erhalte sie dadurch eine Kraft, wieder 1 Elle hoch zu steigen. Diese beyden erhaltenen Kräfte sind aber gleich, weil eben so viel Kraft erfordert wird, 1 Pfund durch 4 Ellen zu heben, als 4 Pfund durch 1 Elle zu heben. Nach der cartesianischen Art, die Kräfte zu messen, sollten also hier die Produkte der Massen in die Geschwindigkeiten gleich seyn. Aber nach den Gesetzen des Falles schwerer Körper ist die Geschwindigkeit der Masse A, die durch 4 Ellen fällt, doppelt so groß, als die der Masse B, welche durch 1 Elle fällt. Folglich geben die Geschwindigkeiten (2 und 1) in die Massen (1 und 4) multipliciret, die Produkte (2 und 4), welche einander ungleich sind. Hingegen die Höhen des Falles, oder die Räume, bis auf welche A und B wieder steigen können, (4 und 1), geben in die Massen (1 und 4) multipliciret, gleiche Produkte (4 und 4). Da nun hier die Kräfte gleich seyn müssen, so erhellet, daß man, um sie zu messen, die Massen nicht in die Geschwindigkeiten, sondern in die Höhen des Falles, oder in die Quadrate der Geschwindigkeiten multipliciren müsse.

Der Herr von Leibnitz beruft sich auf den Beyfall aller Mathematiker seiner Zeit, daher ist es wahrscheinlich, er habe sein Gesetz aus einer Regel des Cartesius gefolgert, welche dieser zur Erklärung der Natur des Hebels gebrauchte. Cartesius behauptete nämlich, daß die an einem Hebel angebrachten Gewichte diejenigen unendlich kleinen Räume durchließen, welche in ihren Entfernungen vom Ruhepunkte beschrieben werden können. Nun sind zwey Körper alsdenn im Gleichgewichte, wenn sich diese Räume ver:

verkehrt, wie die Gewichte der Körper verhalten; und also, schloß Leibnitz, ist nicht mehr Kraft nöthig, einen Körper von 1 Pfund zur Höhe 4 zu heben, als einen andern von 4 Pfund zur einfachen Höhe. Man sieht aber leicht, daß diese Schlußfolge aus Cartesens Grundregel nur alsdann herfließe, wenn die Zeiten der Bewegung gleich sind. Denn bey der Schnellwage sind die Zeiten einander gleich, in welchen die Gewichte ihre unendlich kleinen Räume durchlaufen. Der Herr von Leibnitz ließ diese Bedingung aus der Acht, und schloß auch auf Bewegung in Zeiten, die einander nicht gleich sind.

Es ist leicht zu denken, daß Leibnitz und Cartesius durch ihr Ansehen sich viele Vertheidiger verschaft haben. Es entstand hierüber wirklich ein ziemlich langer Streit, welcher zum Theil in diesen, größtentheils aber in den folgenden Zeitraum gehört. Ich würde diesen Streit gänzlich übergangen haben, wenn er nicht durch den Antheil, welchen die größten Mathematiker daran genommen haben, so berühmt geworden wäre.

Einer der ersten, welcher Leibnitzens Meynung widersprach, war Papin. Er führt gegen Leibnitz an [u]), daß die Geschwindigkeit, womit die feine Materie auf die schweren Körper wirke, unendlich sey, woraus folge, daß ihre Wirkung beständig einerley bleibe, die dadurch verursachte Bewegung der Körper möge seyn welche sie wolle; es erhielten also diese beym Aufsteigen keine stärkern und auch nicht mehrere Stöße von der feinen Materie, wenn sie in gleicher Zeit

u) Acta erudit. Lipſ. 1689. p. 186.

Zeit entweder geschwind oder langsam in die Höhe stiegen, mithin würde in gleichen Zeiten ihre bewegende Kraft im geringsten nicht vermindert, sie möchten grosse oder kleine Räume durchlaufen. Da sich nun die Zeiten des Aufsteigens wie die bewegenden Kräfte, aber auch wie die Quadratwurzeln der Räume verhielten, so müßten sich die bewegenden Kräfte eben so verhalten.

Der Herr von Leibnitz v) beantwortete diesen Einwurf des Papin, und legte zugleich der gelehrten Welt einen neuen Beweis seiner Meynung vor, auf welchen er sich nachher jederzeit, wenn er seiner Kräftenschätzung ein Licht geben wollte, berufen hat. Dieser ist also als eine Hauptstütze seines Gesetzes zu betrachten. Er ist kürzlich folgender: Eine Kugel (fig. 39.) A falle auf der schiefen und gebogenen Fläche, deren Höhe 1 A E ist, aus 1 A in 2 A, und setze auf der Horizontalfläche E C ihre Bewegung mit dem Grade der Geschwindigkeit, welchen sie durch den Fall erlangt hat, und der wie 1 ist, fort. Man setze ferner, daß sie alle Kraft, welche sie hat, in eine Kugel B, deren Masse, ist, übertrage, und nachher selbst in dem Punkte 3 A ruhe. Was wird nun die Kugel B, die 1 zur Masse hat, von der Kugel A, die 4mal mehr Masse und Einen Grad der Geschwindigkeit hat, für eine Geschwindigkeit erhalten sollen, wenn ihre Kraft hierdurch der Kraft, die der Körper A hatte, gleich werden soll? Die Cartesianer sagen, ihre Geschwindigkeit werde 4fach seyn müssen. Es laufe aber die Kugel B mit 4 Graden der Geschwindigkeit auf der Horizontalfläche aus 1 B in 2 B, und nachdem sie daselbst die schiefe und gebogene Fläche 2 B 3 B angetroffen, bewege sie sich auf dieselbe hinauf, und erreiche mithin auf derselben

v) Acta erudit. Lips. 1690. p. 228.

ben durch die ihr beywohnende Geschwindigkeit den Punkt 3B, dessen senkrechte Höhe 3BC wie 16 ist. Man nehme ferner die inclinirte Schnellwage 3A 3B an, die sich um den Punkt F beweget, und deren eine Arm F3B viermal und etwas weniges darüber länger ist, als der andere Arm 3AF, die aber dennoch einander das Gleichgewicht halten. Wenn nun der Körper B den Punkt 3B erreicht, und daselbst den Arm B der Wage betritt, so ist klar, daß, weil der Balken F3B in Ansehung des andern 3AF etwas größer ist, als die Masse des Körpers 3A in Vergleichung mit der Masse der Kugel 3B, das Gleichgewicht gehoben seyn werde, und der Körper 3B aus 3B in 4B heruntersinke, zugleich aber die Kugel aus 3A in 4A sich erhebe. Es ist aber die Höhe 3A 4A beynahe der vierte Theil der Höhe 3BC mithin wie 4; also hat der Körper B die Kugel A auf solche Art zu einer beynahe 4fachen Höhe erhoben. Es kann nun durch ein leichtes mechanisches Kunststück gemacht werden, daß die Kugel 4A aus 4A in 1A wieder zurückgehe, und mit der durch ihren Zurückfall erlangten Kraft gewisse mechanische Wirkungen ausübe, hernach aber nochmals aus dem Punkte 1A die schiefe Fläche 1A2A herablaufe, und alles in den vorigen Zustand setze, auch der Kugel B, welche durch eine unmerklich kleine Neigung der Fläche 2B4B in dem Punkte 1B seyn kann, alle ihre Kraft, wie vorher, übertrage, und alles noch einmal bewerkstellige. Der Herr von Leibnitz fährt fort zu schließen: also folgt aus der Kräftenschätzung des Cartesius, daß ein Körper, wenn man sich seiner Kraft nur wohl bedient, ins unendliche immer mehr und mehr Wirkungen verüben, Maschinen treiben, Federn spannen und Hindernisse überwinden könne, ohne daß seinem Vermögen etwas

 ent-

entgehe, eben dieses ohne Aufhören noch ferner zu verüben, daß also die Wirkung größer seyn könne, als ihre wirkende Ursache, und daß die immerwährende Bewegung, die alle Mechaniker für ungereimt halten, möglich sey.

So scharfsinnig aber auch dieser Beweis ist, so hätten ihn doch die Cartesianer sehr leicht entkräften können; denn es folgt aus Leibnitzens Schlüssen auf eine sehr unregelmäßige und widernatürliche Art nur so viel, daß eine Kraft eine andere größere, als sie ist, erwecke, es mag nun dies auf eine Art geschehen, wie sie will; aber keinesweges, daß die Kraft des Körpers B die wahre wirkende Ursache der Kraft sey, welche in A erzeugt wird; mithin kann auf solche Art immerhin eine immerwährende Bewegung hervorgebracht werden, ohne daß Cartesens Gesetz nur im geringsten leidet.

Papin w) suchte zwar die Sache des Cartesius gegen diesen Beweisgrund des Herrn von Leibnitz zu vertheidigen, aber mit sehr schlechtem Erfolg. Er gestehet dem Herrn von Leibnitz zu, daß, wenn man voraussetzt, der Körper A habe seine ganze Kraft in den Körper B übergetragen, nach der cartesianischen Schätzung eine immerwährende Bewegung erfolge, und giebt ihm zu, daß diese Art von Bewegung eine Ungereimtheit sey. Er sucht sich blos damit zu helfen, daß er die Voraussetzung des Herrn von Leibnitz läugnet, daß es nämlich unmöglich sey, daß ein Körper seine ganze Kraft einem andern Körper mittheilen könne. Er widerstritt also diesem mit allem Eifer, daß der vierfache Körper A (fig. 40.) durch ei-

w) Acta erudit. Lipf. 1691. p. 9.

einen Stoß auf den vollkommen steifen Hebel ACB im Punkte A, dessen Entfernung vom Ruhepunkte C gegen die Entfernung CB 4theilig ist, dem einfachen Körper B seine ganze Kraft mittheilen könne. — Es ist sonderbar, daß Papin durch eine solche Vertheidigung des cartesianischen Satzes seinem Gegner eine so große Blöße zeigte, da er denselben so leicht hätte überführen können, wenn er diese Voraussetzung ebenfalls zugestand. Denn zugegeben, daß ein Körper von 4facher Masse mittelst eines Hebels in einen Körper von einfacher Masse, dessen Entfernung vom Ruhepunkte 4fach ist, alle seine Kraft hineinbringen könne, so ließe sich leicht beweisen, daß der erstere Körper bey solchen Umständen dem andern 4 Grade Geschwindigkeit ertheile; folglich hätte ein einfacher Körper mit 4 Graden Geschwindigkeit alle Kraft eines 4fachen mit Einem Grade Geschwindigkeit gehabt, welches aber gerade den Streitpunkt betraf. — Allein so gab Papin durch seine Vertheidigung dem Herrn von Leibnitz gleichsam die Waffen in die Hände, mit welchen er leicht den Sieg erhalten konnte. Der Herr von Leibnitz [x]) zeigte nämlich Papin, daß die wirkliche Uebertragung der Kraft kein wesentliches Stück seines Beweises sey, und daß es genug sey, in B eine Kraft zu setzen, die der Kraft in A substituirt werden könne. Der Herr von Leibnitz hatte also auf solche Art den Herrn Papin gänzlich entwafnet, und ihm alle Ausflucht abgeschnitten. Folgende Worte mag er daher wohl im rechten Ernste gesagt haben: Cum Florentiae essem, dedi amico aliam adhuc demonstrationem pro possibilitate translationis virium dotalium etc. corpore majore in minus

x) Acta eruditor. Lips. 1691. p. 439. sqq.

nus quiescens, prorsus affinem illis ipsis, quae clariss. *Papinus* ingeniosissime pro me juvando excogitavit, pro quibus gratias debeo imo et ago sinceritate ejus dignas.

Der Herr von Leibniß suchte seine Meynung in einer andern Schrift zu erläutern [y]), in welcher er die Kräfte in todte und lebendige eintheilt. Todte Kraft nennt er diejenige, welche keine Bewegung, sondern nur Bestreben nach Bewegung hervorbringt (in qua nondum existit motus, sed tantum sollicitatio ad motum); lebendige Kraft hingegen, die mit wirklicher Bewegung verbunden ist. Die Alten, sagt er, hätten blos die todte Kraft betrachtet; ihre Mechanik sey daher nur Statik gewesen. Nun sey das Produkt MC d. i. das der Masse M in die Geschwindigkeit C in der That das Maas der todten Kräfte, aus der besondern Ursache, weil sich beym ersten Anfange der Bewegung und bey der bloßen Sollicitation die ersten Elemente der Räume, wie die anfänglichen Geschwindigkeiten selbst, oder wie die Bestrebungen nach Geschwindigkeit verhalten würden. Beym Fortgange der Bewegung hingegen, wobey lebendige Kraft entstehe, verhielten sich die endlichen Räume nicht mehr, wie die Geschwindigkeiten, sondern wie die Quadrate der Geschwindigkeiten; folglich müsse das Maas der lebendigen Kräfte MC^2 seyn. Die lebendige Kraft soll nach Leibniß aus unzählig oft wiederholten Eindrücken der todten Kraft (ex infinitis vis mortuae impressionibus) entstehen. Wenn nämlich das, was druckt, z. B. die Schwere, in jedem Augen-

y) Specimen dynamicum pro admirandis naturae legibus circa corporum vires etc. Act. erudit. Lips. 1695. p. 145. sqq.

genblicke durch das Hinderniß aufgehoben wird, so erfolgt nur Druck; wenn aber nach weggenommenem Hinderniß die Masse wirklich bewegt wird, so giebt ihr die wirkende Ursache in jedem Zeittheilchen einen Druck oder ein unendlich kleines Vermögen, andere Körper zu bewegen, woraus dann in endlicher Zeit eine unendliche Kraft entstehet.

Beyde Partheyen, die Leibnitzianer und Cartesianer sind darin beständig einig gewesen, daß die Körper, wenn ihre Bewegung nur im Anfange ist, eine Kraft besitzen, welche sich wie ihre bloße Geschwindigkeit verhält, oder daß man die todte Kraft durch MC ausmessen müsse. Nur alsdann, wenn die Bewegung wirklich ist, oder wenn die Körper lebendige Kraft erhalten, haben sie nach der Meynung der Leibnitzianer das Quadrat der Geschwindigkeit zum Maasse.

Leibnitz suchte zwar durch die Eintheilung der Kräfte in todte und lebendige die Sache mehr aufzuklären, allein er hat sie dadurch in der That noch mehr in Verwirrung gebracht. Man kann hiebey die wichtige Frage aufwerfen, wenn ehe kann man die Bewegung eines Körpers wirklich nennen? Ohne Zweifel nur alsdann, wenn sie sich nicht blos in dem Punkte des Anfangs befindet, sondern wenn, indem sie währet, nun Zeit verflossen ist. Diese Zeit ist aber etwas gänzlich unbestimmtes, so daß man sich diese folglich so klein als man will vorstellen kann. Diese Verkleinerung der Zeit ist aber ein Grund, woraus eingesehen werden kann, daß, wenn man sie fortsetzte, der Körper endlich im Anfangspunkte seyn werde, wo die lebendige Kraft sich wirklich verliehrt, und dagegen die Bedingung zur todten Kraft sich einfindet; es ist

also die Verkleinerung dieser Zeit kein Grund, der der Bedingung der lebenden Kraft etwas entziehet, und soll doch gleichwohl ein Grund hiezu seyn, welches sich widerspricht.

Es ist schon oben bemerkt worden, daß der Herr von Leibnitz bey seiner Kräftenschätzung auf die Zeit keine Rücksicht genommen hat, die aber nach Cartesens Schätzung nothwendig beabsichtigt werden muß. Die Vertheidiger des Herrn von Leibnitz scheinen den Einwurf bemerkt zu haben, den man ihnen wegen der Zeit machen könnte. Daher haben sie ihre Beweise so einzurichten gesucht, als wenn der Unterschied der Zeit bey der Kraft, welche die Körper durch den Fall erlangen, durchaus für nichts anzusehen sey. Nach dieser Voraussetzung hat Herr Hermann [z]) Leibnitzens Meynung auf folgende Art zu vertheidigen gesucht; es sey (fig. 41.) ab die unendliche Feder, welche die Schwere vorstellt, die den Körper während dem Falle aus a in b verfolgt, so, sagt Herr Hermann, werde die Schwere den Körper in jedem Punkte des Raumes einen gleichen Druck mittheilen. Diese Drucke bildet er durch die Linien ac, de, gh, bf, u. s. f. ab, welche zusammen das Rektangel af ausmachen. Es hat also der Körper nach seiner Meynung, wenn er den Punkt b erreicht, eine Kraft, die der Summe aller Drucke d. i. dem Rektangel af gleich ist. Es verhält sich also die Kraft in d zur Kraft in b wie das Rektangel ae zum Rektangel af d. i. wie der durchlaufene Raum ad zum Raume ab, mithin wie die Quadrate der Geschwindigkeiten in d und b. So schließt Herr Hermann, indem er behauptet, daß die Wirkung, welche die Schwere in einem frey fallen-

z) Comment. Acad. scient. Petropol. T. I.

fallenden Körper hervorbringt, sich nach dem Raume richte, den er im Fallen zurücklegt.

Dagegen behaupten aber die Cartesianer, daß die Wirkung der Schwere nicht den zurückgelegten Räumen, sondern den Zeiten proportionirt ist, in welchen der Körper entweder fällt oder zurücksteigt. In der That ist es auch sehr leicht, den ganzen Beweis so zu führen, daß er für die Cartesianer ganz entscheidend ausfällt.

Ausser diesen Beweisen, welche der Fall der schweren Körper den Leibnitzianern an die Hand gab, haben sie noch eine andere Art von Beweisen gebraucht, um ihre Meynung vom Kräftenmaasse aufrecht zu erhalten. Es sind diejenigen, welche ihnen die Lehre der Bewegung elastischer Körper durch den Stoß darzubieten scheint. Ich muß aber im voraus bemerken, daß fast alle diese Beweise, zum wenigsten die scheinbarsten, auf folgende Art entsprungen sind. Man hat die Kraft, welche sich in den elastischen Körpern nach dem verübten Stoße befindet, mit der Kraft vor dem Stoße verglichen. Jene ist größer befunden worden, als diese, wenn man sie nach dem Produkt aus der Masse in die Geschwindigkeit geschätzt hat; allein nur alsdann zeigte sich eine vollkommene Gleichheit, wenn man anstatt der einfachen Geschwindigkeit das Quadrat derselben setzte. Daraus haben die Leibnitzianer geschlossen, ein elastischer Körper würde nie vermögend seyn, in denjenigen, den er stößt, so viel Bewegung hineinzubringen, als wirklich geschieht, wenn seine Kraft nur schlechthin wie seine Geschwindigkeit wäre; denn nach diesem Maasse sey die Ursache immer kleiner, als die hervorgebrachte Wirkung. Allein diese Schlußfolge wird schon durch die Gesetze des Stoßes, welche

die ersten Erfinder aufstellten, aufs vollkommenste widerlegt. Denn diese beweisen, daß alles aus den bloßen Geschwindigkeiten und Massen der elastischen Körper abgeleitet werden könne, und daß folglich die nach der bloßen Geschwindigkeit geschätzte Kraft hinreichend ist, die Wirkungen der elastischen Körper nach dem Stoße vollkommen einzusehen. Um so mehr ist es daher zu verwundern, daß selbst die größten Mathematiker wegen des scheinbaren Vortheils für ihre Meynung die bloße Geschwindigkeit nicht für zureichend hielten. Es bleibt dies ein merkwürdiges Beyspiel in der Geschichte des menschlichen Verstandes, indem man es kaum hätte vermuthen sollen, daß das Ansehen eines Mannes so viele scharfsinnige Meister in ihrem Fache so sehr verblenden konnte.

Ich werde in diesem Zeitraume nur noch einen einzigen Fall von dem Stoße dreyer elastischer Körper des Herrn Hermann erwähnen, und das übrige, was man aus dem Stoße elastischer Körper zur Vertheidigung der lebendigen Kraft beygebracht hat, in dem folgenden Zeitraume kürzlich berühren. Herr Hermann setzt, daß ein Körper A, dessen Masse 1 ist, mit der Geschwindigkeit 2 auf einer vollkommen glatten Fläche gegen eine ruhende Kugel B, deren Masse 3 ist, stößt, nachher aber, indem A von B abprellet und wieder mit Einem Grade Geschwindigkeit zurückkehrt, eine Kugel C, die zur Masse 1 hat, abermals stößt. Die Kugel A wird der Kugel B Einen Grad Geschwindigkeit, und dem Körper C auch Einen mittheilen, und alsdann wird sie sich in Ruhe befinden. Herr Hermann schließt hieraus, wenn die Kräfte nur wie die Geschwindigkeiten wären, so würde A vor dem Stoße eine Kraft wie 2 haben, nach dem Stoße

aber

aber würde sich in den Körpern B und C zusammen eine 4fache Kraft befinden, welches ihm ungereimt zu seyn scheint.

Betrachtet man die Sache so wie S. 373. des 1ten Theils, so fällt die eingebildete Umgereimtheit des Herrn Hermann gänzlich weg, und es läßt sich gar wohl begreifen, daß die Masse A mit einer Kraft wie 2 in die Massen B und C eine 4fache Kraft hineinbringen könne, ohne daß man nöthig habe, seine Zuflucht zu den lebendigen Kräften zu nehmen.

Centralbewegung.

Huygens hatte die Lehre von der krummlinigten Bewegung mit einigen neuen Theorien bereichert, und ihm haben wir vorzüglich die Gesetze der Schwungbewegung im Kreise zu verdanken, die er in seinem Horologio oscillatorio ohne Beweis herausgab. Erst in einer nach seinem Tode veranstalteten Sammlung wurden die Beweise in einer eigenen Abhandlung unter dem Titel, de vi centrifuga, beygefügt.

Newton endlich betrachtete die Lehre von den krummlinigten Bewegungen aus einem weit allgemeinern Gesichtspunkte, und fand mit Hülfe der Mathematik ihre Gesetze, deren Erklärung einen großen Theil seines schätzbaren Werks ausmacht. Es ist nöthig, das wesentlichste davon hier anzuführen, indem hierauf seine vortrefliche und jetzt so unerschütterlich fest stehende Mechanik der himmlischen Bewegungen beruhet. Bey einigen vorzüglich wichtigen Sätzen werde ich seine Beweise mit beyfügen, im übrigen aber auf sein Werk selbst verweisen müssen.

Newton bewies zuerst das Gesetz, welches schon Kepler aus Tychons Beobachtungen gefunden und gezeigt hatte, daß die Planeten in ihrem Laufe um die Sonne dasselbe befolgten, daß sich nämlich die Zeiten, in welchen verschiedene Bogen einer krummen Linie von einem Körper durchlaufen werden, wie die Ausschnitte, welche der Radius Vektor beschreibt, verhalten. Es gehe die Richtung der Bewegung des bewegten Körpers (fig. 42.) a nach der Tangente ab; eine Kraft aber, welche nach dem unveränderlichen Punkte c in der Richtung ac auf selbigen wirkt, lenke ihn beständig von dem geraden Wege ab, um die krumme Linie aek zu durchlaufen. Man stelle sich anfänglich diese krumme Linie als ein Vieleck von unendlich vielen Seitenlinien vor, wo also die Punkte a, e, h u. f. unendlich nahe an einander liegen; alsdenn muß man aber auch annehmen, daß die Kraft nach der Richtung ac nicht stetig, sondern nur stoßweise wirkt, und dem Körper die Bewegung, welche er in ihm nach und nach in der unendlich kleinen Zeit, da er z. B. durch den Bogen ae gehet, zuwege bringt, in der Mitte dieser unendlich kleinen Zeit in m, wo er von seinem Wege am weitesten sich befindet, urplötzlich mittheilt. Auf diese Weise wird die so vorgestellte Bahn von der wahren, sowohl in der Richtung als auch in der Geschwindigkeit, unendlich wenig verschieden seyn. Gesetzt nun, der Körper werde in dem ersten unendlich kleinen Zeittheilchen den Weg ab durchlaufen müssen, in m zöge ihn aber die Kraft nach md, so wird er nun die Diagonale me des Parallelogramms mdeb durchlaufen. Wenn nun jetzt die Wirkung der Kraft nach der Richtung ec auf den Körper aufhörte, so würde er

in

in dem folgenden unendlich kleinen Zeittheilchen nach der Richtung der Tangente ei gleichförmig fortgehen; da ihn aber die Kraft in f nach der Richtung fg ziehet, so muß er wiederum die Diagonale fh des Parallelogrammes fghi durchlaufen. Hieraus ist nun leicht zu begreifen, daß die Bahn des Körpers die krumme Linie aek vorstellen müsse, wenn die Kraft nach der Richtung ac ununterbrochen oder stetig auf ihn wirkt.

Wenn nun der Körper in seiner krummlinigten Bahn in dem ersten Zeittheilchen den Bogen ae, in dem andern eben so großen Zeittheilchen den Bogen eh u. s. f. durchläuft, so muß das Dreyeck cme = dem Dreyeck cmb seyn; denn es ist be mit mc parallel, und mc die gemeinschaftliche Grundlinie beyder Dreyecke; ferner ist am = mb, und ac die gemeinschaftliche Höhe beyder Dreyecke amc und cmb, folglich auch das Dreyeck amc = mcb = mca. Eben so ist das Dreyeck cfh = dem Dreyecke cfi, weil ih parallel mit cf, und bf die gemeinschaftliche Grundlinie ist. Weil aber auch ef = fi, und beyde Dreyecke efc und fci eine gemeinschaftliche Höhe besitzen, so ist das Dreyeck fci = ecf = cfh = amc u. s. Es läßt sich also vom ganzen Ausschnitte ach sagen, daß er eben so viele unendlich kleine Ausschnitte wie ace enthält, so viel gleiche Zeittheilchen die Zeit T, binnen welcher der Körper den Bogen ah zurückgelegt hat, enthält. Wenn nun hier, wie in der höhern Geometrie, eine jede aus dem Punkte c auf irgend einen Punkt der krummen Linie gerade gezogene Linie ca, ce u. s. f. der Radius Vektor genennet wird, so folgt daraus der angeführte Satz [a]).

Aus

a) Princip. Lib. I. prop. I.

Aus diesem Satze folgert Newton, daß sich die Geschwindigkeiten in verschiedenen Punkten der krummen Linie umgekehrt wie die Linien verhalten, welche aus dem Mittelpunkte der Kräfte c auf die Tangente der krummen Linie an diesen Punkten senkrecht gezogen sind. Denn die Geschwindigkeiten in den Punkten a, m, e, f u. s. verhalten sich wie die Grundlinien am, me, ef, fh u. s. der Dreyecke acm, mce, ecf, fch u. s. Weil nun alle diese Dreyecke gleichen Flächeninhalt besitzen, so verhalten sich die Grundlinien umgekehrt wie ihre Höhen, d. i. umgekehrt wie die aus dem Mittelpunkte c der Kräfte auf die Grundlinien senkrecht gezogenen Linien; also verhalten sich auch die Geschwindigkeiten so. Nimmt man nun an, daß die Centripetalkraft stetig wirkt, so wird die Linie, in welcher sich der Körper bewegt, eine Curve. Sind die Zeittheilchen selbst unendlich klein, so können auch die Bogen ap, pe u. s. mit den Tangenten am, me u. s. für einerley gehalten werden [b]).

Hierauf bewies Newton diesen Satz umgekehrt, daß nämlich ein Körper, welcher um einerley Punkt in einer krummen Linie sich fortbewegt, und in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume beschreibt, sich central bewege, oder stets nach diesem unveränderlichen Punkte von einer Centripetalkraft gezogen werde.

Nun gieng Newton auf die Untersuchung fort, nach was für einem Gesetze sich die Centripetalkraft in verschiedenen Entfernungen vom Mittelpunkte ändern müsse, wenn die Bahn ein Kreis, eine Spiral-

b) Princip. corol. 1.

rallinie, ein Kegelschnitt und überhaupt eine Curve von dieser oder jener Natur werden solle. Wenn die Bahn ein Kegelschnitt ist, und der Mittelpunkt der Kräfte im Brennpunkte liegt, so fand Newton, daß sich die Centripetalkraft verkehrt wie das Quadrat der Entfernung verhalte. Dieser Satz ist besonders bey der Ellipse merkwürdig. Es sey der Ellipse (fig. 43.) Brennpunkt f. Man ziehe fp, welche den Diameter dk der Ellipse, und die Ordinate qv in den Punkten e und x schneidet, und verzeichne das Parallelogramm qrpx. Nun erhellet, daß ep die Hälfte der großen Axe am oder ac gleich sey; denn zieht man aus dem andern Brennpunkte h die Linie hi mit dk parallel, so wird ie = ef, weil ch = cf, mithin pf = ep + ef = ep + ei, und weil die Winkel ipr und hpz einander gleich sind, so ist auch, da pr parallel mit hi, der Winkel pih = phi, und pi = ph, pf + ph = ep + ei + ip = 2ep = 2ac = pf + ph, folglich ep = $\frac{1}{2}$(pf + ph) = ac. Aus q lasse man auf fp die Linie qt senkrecht fallen, und setze den Parameter (welcher nach Gründen der höhern Geometrie = $\frac{2bc^2}{ac}$ ist) = L, so hat man L.qr : L.pv = qr : pv; d. h. wie pe(ac) : pc; L.pv : gv.vp = L : gv; und gv.vp : qv^2 = pc^2 : cd^2. Rückt nun der Punkt q dem Punkte p unendlich nahe, so wird qv = qx, mithin auch qv^2 = qx^2, und es ergiebt sich qx^2 (qv^2) : qt^2 = ep^2 : pf^2 oder wie ca^2 : pf^2 = cd^2 : cb^2. Hieraus fließt also das zusammengesetzte Verhältniß L . qr : qt^2 = ac . L . pc^2 . cd^2 : pc . gv . cd^2 . cb^2, oder, weil L . ac = $2bc^2$; L . qr : qt^2 = $2bc^2$. pc^2 . cd^2 : pc . gv .

cd²

$cd^2 . cb^2 = 2pc : gv$. Ruckt aber der Punkt q dem Punkte p unendlich nahe, so wird $gv = 2pc$, mithin auch $L . qr = qt^2$. Multiplicirt man endlich diese beyden gleichen Größen durch $\frac{sp^2}{qr}$, so findet man $L . sp^2 = \frac{sp^2 . qt^2}{qr}$. Da nun die Centripetalkraft stetig wirkt, so steht sie im geraden Verhältnisse des Raums und im verkehrten des Quadrats der Zeit, mithin ist sie $= \frac{px}{T^2} = \frac{qr}{T^2}$, wenn die Zeit, binnen welcher der Körper den unendlich kleinen Bogen pq durchläuft, durch T ausgedruckt wird. Es wird aber die Zeit vorgestellt durch den Flächenraum zwischen den beyden Radiis Vektoren sp und sq und den Bogen pq oder durch das Dreyeck spq. Der Flächeninhalt dieses Dreyecks ist $= \frac{ps . qt}{2}$, und wenn man dafür den doppelten Flächenraum substituirt, damit das Verhältniß einerley bleibt, so wird $T = ps . qt$, mithin $T^2 = ps^2 . qt,^2$ und die Centripetalkraft verhält sich wie $\frac{qr}{ps^2 + qt^2}$ oder wie $\frac{1}{L . ps^2}$ d. i. verkehrt wie das Quadrat der Entfernung ps [c]).

Dieses von Newton erwiesene Problem hat den Nahmen der Aufgabe der Centralkräfte erhalten. Die verkehrte Aufgabe der Centralkräfte, oder die Natur der krummen Linie aus dem bekannten Gesetze der Centripetalkraft zu entwickeln, konnte Newton nicht allgemein auflösen. Es wird hiezu Integralrechnung erfordert, welche Newton zwar

c) Ibid. Lib. I. prop. XI.

zwar erfunden, aber so weit noch nicht entwickelt hatte, als zur allgemeinen Auflösung dieses Problems nöthig ist. Er mußte sich also begnügen, durch sinnreiche Methoden Auflösungen für einzelne Fälle zu geben, und unter andern zu zeigen, daß, wenn sich die Centripetalkraft verkehrt wie das Quadrat der Entfernung verhält, ein Kegelschnitt beschrieben werde, dessen Beschaffenheit von der Geschwindigkeit des Wurfs abhängt d). Indessen wurde die von dem Herrn von Leibnitz erfundene Infinitesimalrechnung von den damaligen Mathematikern, welche sich durch allerhand vorgelegte Fragen mit unermüdetem Fleiße darin übten, bald so weit entwickelt, daß man im Stande war, auch von dieser wichtigen Aufgabe eine allgemeine Auflösung zu versuchen. Hermann wagte sich zuerst daran, und überschickte sie Johann Bernoulli, der sie prüfte, und einiges Vergehen daran fand; diesem glückte es aber, sie allgemein aufzulösen. Zugleich tadelte er mit Recht Newton's Auflösung für diesen besondern Fall des Gesetzes der Gravitation, weil er stillschweigend annehme, daß ein Kegelschnitt beschrieben werde, und nur untersuche, was für einer es sey e). Nach der Zeit hat man freylich mit Hülfe der seitdem erfundenen Kunstgriffe in der Integralrechnung kürzere und mit mathematischer Strenge abgefaßte Auflösungen dieses Problems gegeben, indessen gebührt doch dem Herrn Bernoulli die Ehre, es zuerst allgemein aufgelöset zu haben. Die Wichtigkeit dieser Aufgabe erfordert es, davon einen kurzen Begriff

d) Princip. Lib. I. prop. XVII.

e) Memoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris an. 1710 und dessen Opp. T. I.

griff zu geben, welcher zugleich zeigen wird, daß der Physiker etwas mehr als gemeine Elementarkenntnisse in der Mathematik besitzen müsse, wenn er die erhabensten Gesetze in der Natur gründlich verstehen will.

Man setze also, die Geschwindigkeit des um den Mittelpunkt (fig. 44.) c der Kräfte central bewegten Körpers in a sey $= \gamma$, und die senkrechte Linie aus c auf die durch a gezogene Tangente der Krümmung $= \alpha$; ferner die Geschwindigkeit in b $= \varphi$, und die senkrechte Linie aus c auf die Tangente durch b oder ce $= \beta$, so hat man nach dem vorhin angegebenen Satze $\gamma : \varphi = \beta : \alpha$, mithin $\varphi = \frac{\alpha . \gamma}{\beta}$.

Um nun eine allgemeine Gleichung zur Bestimmung der krummen Bahn, welche vermittelst der Centralbewegung beschrieben wird, zu erhalten, setze man die nach dem Mittelpunkte c der Kräfte gerichtete Centripetalkraft $= \lambda$, und nehme die Schwere der Körper auf unserer Erde, welche binnen einer Sekunde durch den Raum $=$ g fallen, $= 1$ an, so wird die Centripetalkraft nach der unendlich kleinen Zeit $=$ dt die Geschwindigkeit $2 g \lambda d t$ hervorgebracht haben, folglich wird der Weg, durch welchen sie den Körper in der Zeit dt treibt, $= 2 g \lambda d t^2$ seyn. Hat im Gegentheil der Körper in seiner Bahn schon die Geschwindigkeit φ erhalten, so wird er nun mit dieser Geschwindigkeit in der unendlich kleinen Zeit dt den Weg φdt zurücklegen. Hier kommt es nun blos darauf an, daß man die Krümmung der Bahn an irgend einer Stelle derselben finden könne. Es sey zu dem Ende bh eine Normallinie, und in dieser ib ein willkührlich angenommener Halbmesser. Mit diesem be-

beschreibe man den Kreisbogen bq, welcher zwischen der Tangente und dem Theile bg der krummen Linie fällt. Es erhellet, daß dieser Kreisbogen an der Stelle b weniger Krümmung besitze, als der Theil der krummen Linie. Je kleiner aber der Halbmesser des Kreises angenommen wird, desto mehr Krümmung bekommt der Kreis selbst, folglich auch derjenige Theil, welcher zwischen der Tangente und dem Theile der krummen Linie fällt. Dadurch nähert sich also die Krümmung der krummen Linie der Krümmung des Kreises, mithin liegt auch der Durchschnittspunkt des Kreises mit der krummen Linie dem Punkte b näher. Fällt der Durchschnittspunkt des Kreises q mit der krummen Linie dem Punkte b unendlich nahe, so hat alsdann an dieser Stelle b der Kreis mit der krummen Linie einerley Krümmung, und er heißt der Krümmungskreis und sein Halbmesser der Krümmungshalbmesser. Es folgt daraus, daß in jeder andern Stelle der krummen Linie der Krümmungshalbmesser ein anderer ist. Fiele der Krümmungshalbmesser mit dem Radius Vektor bc zusammen, so würde nun die Tangente bf für das Element des Krümmungsbogens auf dem Radius Vektor bc senkrecht seyn, und selbst ohne merklichen Fehler als die Tangente für das Element bg der krummen Linie betrachtet werden können. Demnach stellt bf den Weg vor, um welchen der durch das Element bg fortgerückte Körper vom Radius Vektor in der Zeit dt seitwärts abgekommen ist. Weil nun das Element bg als eine Diagonale von einem unendlich kleinen Parallelogramm (fig. 45.) bmgk, folglich bg = bk ist, so ist auch der Winkel kgb unendlich klein, und daher der Winkel fbk = fbg, und der Winkel gbm = kbm. In dem Dreyecke bmg hat man

bg : bm = sin. kbm : sin. fbk, und sin. fbk $= \frac{bm \,.\, \sin. kbm}{bg}$, mithin nach den angenommenen Voraussetzungen sin. fbg $= \frac{bm \,.\, \sin. gbm}{bk}$.

Ferner ist in dem rechtwinklichten Dreyecke gbn gb : gn = 1 : sin. gbm, und sin. gbm $= \frac{gn}{gb} = \frac{bf}{bk}$, wenn der Winkel kgb unendlich klein ist; folglich wird sin. fbg $= \frac{bm \,.\, bf}{bk^2} =$ (fig. 44.) $\frac{2g\lambda dt^2}{\varphi^2 dt^2} . bf = \frac{2g\lambda}{\varphi^2} . bf.$

Nun ist ferner vermöge der höhern Geometrie das Dreyeck bfg ähnlich dem Dreyecke bce, also hat man bc : ce = bg : bf, und bf $= \frac{bg \,.\, ce}{bc}$. Setzt man bc oder den Radius Vektor = y, ce = β, und das Element bg = ds, mithin bf $= \frac{\beta \,.\, ds}{y}$, so wird sin. fbg, oder, weil fbg unendlich klein ist, der Winkel fbg $= \frac{2g\lambda}{\varphi^2} . \frac{\beta \,.\, ds}{y}$, und eben dieser Ausdruck giebt die Krümmung der krummen Linie in der Stelle b an.

Es lehrt ferner die höhere Geometrie, daß der Krümmungshalbmesser = ds : $\frac{2g\lambda}{\varphi^2} . \frac{\beta \,.\, ds}{y} = \frac{\varphi^2 \,.\, y}{2g\lambda\beta}$,

oder

oder gleich sey dem Elemente der Bahn durch die Krümmung selbst dividiret; ferner, daß eben dieser Krümmungshalbmesser $= \frac{y\,dy}{d\beta}$ sey, wenn die Ordinaten y aus einem Punkte, wie hier cg, gehen, und diese mit senkrechten Linien β aus dem Punkte c auf die Tangente, wie hier ce, verglichen werden. Daraus ergiebt sich also der Krümmungshalbmesser bey b, oder

$$\frac{y\,dy}{d\beta} = \frac{\varphi^2 y}{2g\lambda\beta},$$

und in diese Gleichung statt φ den oben gefundenen Werth $\frac{\alpha\gamma}{\beta}$ gesetzt

$\frac{y\,dy}{d\beta} = \frac{\alpha^2\gamma^2 y}{2g\lambda\beta^3}$ oder $\frac{dy}{d\beta} = \frac{\alpha^2\gamma^2}{2g\lambda\beta^3}$, und λdy $= \frac{\alpha^2\gamma^2 d\beta}{2g\lambda\beta^3}$ (⊙; eine Differenzialgleichung, deren Erfindung Keill f) sich zueignet, wiewohl sie bey ihm in andern Ausdrücken abgefaßt ist.

Aus dieser Differenzialgleichung ist man im Stande, die Gleichung zwischen y und β zu finden, und die krumme Bahn zu bestimmen, wenn man den gehörigen Werth der Kraft λ, welche nach einem gegebenen Gesetze nach der Richtung bc wirkt, substituirt, und alsdann integrirt.

Um

f) Introd. ad veram physicam et astronom. Lugd. Batav. 1725. 4.

Um also die verkehrte Aufgabe der Centralkräfte aufzulösen, setze man den Raum, durch welchen die beschleunigende Kraft λ den Körper in a in der ersten Sekunde treibt, $= \delta$, so wird sie bey b so stark wirken, daß sie den Körper in der ersten Sekunde den Weg $= \frac{\alpha^2 \delta}{y^2}$ zurückzulegen antreibt. Nun ist die anziehende Kraft, welche den Körper in der ersten Sekunde durch den Raum $= g$ treibt, oder die Schwere der Körper auf unserer Erde $= 1$, folglich ist diejenige, welche ihn durch den Raum $\frac{\alpha^2 \delta}{y^2}$ treibt, oder $\lambda = \frac{\alpha^2 \delta}{g y^2}$. Setzt man diesen Werth von λ in die Gleichung (Θ, so ergiebt sich

$\frac{\delta d y}{y^2} = \frac{\gamma^2 d \beta}{2 \beta^3}$, und das Integral hievon $\frac{\delta}{y} = \frac{\gamma^2}{4 \beta^2} + \text{const.}$

Im Fall $y = \alpha$ wird, so wird auch $\beta = \alpha$, wie dies bey a erfolgt, wo $ca = \alpha$ sowohl Radius Vektor, als auch senkrechte Linie auf die Tangente durch a ist; alsdann wird

$\frac{\delta}{\alpha} = \frac{\gamma^2}{4 \beta^2} + \text{const.}$ und $\text{const.} = \frac{\delta}{\alpha} - \frac{\gamma^2}{4 \alpha^2}$, folglich das vollständige Integral $\frac{\delta}{y} = \frac{\gamma^2}{4 \beta^2} + \frac{\delta}{\alpha} - \frac{\gamma^2}{4 \alpha^2}$.

Hier-

Hieraus findet man den Werth von

$$y = \frac{4\alpha^2 \delta \beta^2}{(4\alpha\delta - \gamma^2)\beta^2 + \gamma^2\alpha^2}, \text{ und ferner}$$

$$(4\alpha\delta - \gamma^2)\,\beta^2 y + \gamma^2\alpha^2 y = 4\alpha^2\delta\beta^2, \text{ und}$$

$$(4\alpha\delta - \gamma^2)\,\beta^2 y + \gamma^2\alpha^2 y - 4\alpha^2\delta\beta^2 = 0, \text{ und}$$

$$\beta^2 y - \frac{4\alpha^2\delta}{4\alpha\delta - \gamma^2}.\beta^2 + \frac{\gamma^2\alpha^2}{4\alpha\delta - \gamma^2}.y = 0.$$

Nun ist der höhern Geometrie zu Folge

$$\beta^2 y - A\beta^2 + \tfrac{1}{4} A P y = 0$$

eine allgemeine Gleichung der Kegelschnitte, deren Axe $= A$, und deren Parameter $= P$ ist, wenn die Ordinaten y aus dem Brennpunkte genommen werden, und die β senkrechte Linien aus dem Brennpunkte auf die Tangenten bedeuten. Wenn sich also die Centripetalkraft verkehrt, wie das Quadrat der Entfernung verhält, so erhellet daraus, daß die Bahn, welche die Körper durchlaufen, allemal ein Kegelschnitt seyn müsse, dessen Brennpunkt im Mittelpunkte der Kräfte liegt, die große Axe $= \frac{4\alpha^2\delta}{4\alpha\delta - \gamma^2}$, und der Parameter $P = \frac{\gamma^2\alpha^2}{4\alpha\delta - \gamma^2} : \tfrac{1}{4} A = \frac{\gamma^2}{\delta}$ ist. Es wird dieser Kegelschnitt

eine Ellipse, wenn $4\alpha\delta > \gamma^2$, oder die Axe positiv,

eine Hyperbel, wenn $4\alpha\delta < \gamma^2$, oder die Axe negativ,

eine Parabel, wenn $4\alpha\delta = \gamma^2$ oder die Axe unendlich groß,

 ein

ein Kreis, wenn $2\alpha\delta = \gamma^2$, oder die Axe dem Parameter gleich ist.

Nimmt man nun an, daß im Brennpunkte c ein Körper sich befindet, welcher gegen einen andern, der sich in der elliptischen Bahn abl um jenen bewegt, eine anziehende Kraft ausübt, so muß diese nothwendig immer stärker wirken, je näher der bewegte Körper dem Brennpunkte kommt. Es scheint also, daß endlich der bewegte Körper den Mittelpunkt c der Kräfte einmal erreichen werde. So wird sich nämlich der Körper in seiner krummlinigten Bahn desto mehr dem Mittelpunkte c nähern, je weniger er von l entfernt ist. In dem Punkte l muß aber auch die Anziehung am stärksten seyn, weil alsdann der Körper in seiner Bahn von c die kleinste Entfernung hat. Von hier an scheint es nun unbegreiflich zu seyn, daß sich der bewegte Körper vom Mittelpunkte der Kräfte wieder entfernen könne. Diesen Einwurf hat besonders der P. Castel[g]), ein eifriger Gegner von Newton, der Newtonschen Theorie gemacht. Allein es fällt diese Bedenklichkeit gänzlich hinweg, wenn man überlegt, daß der wirkliche Lauf des Körpers nicht allein durch die nach c gerichtete Centripetalkraft, sondern durch die Richtung und Geschwindigkeit der vorhergehenden Bewegung, und einer aus derselben entstehenden der erstern oft gerade entgegengesetzten Schwungkraft bestimmt wird, welche die Centripetalkraft an der Stelle l bey weitem übertrift, so daß also der Körper genöthigt wird, sich von dem Mittelpunkte c wieder zu entfernen.

New-

g) Traité de physique sur la pesanteur universelle des corps. à Paris 1724. 8.

Newton redet zwar nie von Schwungkraft, sondern nennt beständig das Bestreben, welches der Körper durch den Wurf erhalten hat, einen Impuls (impulsus), und seine Centrifugalkraft, wovon er im dritten Buche seines Werkes redet, ist etwas ganz anders hieher nicht gehöriges. Allein es haben doch schon verschiedene große Mathematiker der damaligen Zeit, als z. B. der Marquis de l' Hopital, Varignon[h]), Hermann[i]) u. a. die Schwungkraft (Centrifugalkraft, Fliehkraft, conatus centrifugus, force centrifuge) nicht allein bey der Kreisbewegung, sondern überhaupt bey jeder Centralbewegung in Betrachtung gezogen. Da nämlich eine jede Centralbewegung eine zusammengesetzte Bewegung ist: so läßt sich annehmen, daß sie durch den Antrieb zweyer Kräfte entstanden ist, welche beym Anfange der Bewegung nach verschiedenen Richtungen wirkten, die eine nach einem unveränderlichen Punkte, und die andere nach einer auf einer durch diesen unveränderlichen Punkt gezogenen geraden Linie senkrechten Richtung. Durch diese letzte Kraft hat nun der Körper ein gewisses Bestreben erhalten, womit er seinen Weg gleichförmig fortsetzen würde, wenn die Centripetalkraft nicht auf ihn wirkte. Diese letztere wirkt aber stetig auf ihn, und verursacht dadurch, daß er seine geradlinigte Bahn verlassen, und in einer krummen sich fortbewegen muß. Auf solche Art geht aber nun ein Theil der Centripetalkraft verlohren; daher stellt man sich vor, es werde dieser Theil durch eine entgegengesetzte Kraft, welche eben

h) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1700.

i) Phoronomia s. de viribus et motibus corporum. Amst. 1716. 4. cap. IV.

eben die Schwungkraft ist, aufgehoben. Um sich von dieser Kraft einen recht deutlichen Begriff zu machen, setze man, der geradlinigte Weg des in Bewegung gesetzten Körpers sey nach der Richtung der Tangente (fig. 46.) ab auf ac senkrecht, so wird sich die anfängliche Entfernung ca des Körpers a von dem Punkte c in der unendlich kleinen Zeit dt in die Entfernung cb verändern, oder es wird ac = cg um gb vergrößert. Es läßt sich gb aus dem Abstande ac $= \alpha$, der Geschwindigkeit $= \gamma$, und der Zeit durch ab, finden. Weil ag ein sehr kleiner Bogen ist, so ziehe man ge mit ab, und fg mit ac parallel, und es wird fg = ea sehr wenig von gb verschieden seyn, so daß man ohne merklichen Fehler gb = gf = ea setzen kann, mithin kann auch ag als die Diagonale des Parallelogramms aegf betrachtet werden, und überhaupt läßt sich ab = ag setzen. Nun hat man nach trigonometrischen Rechnungen ca . ea = 2 $(\sin. \frac{1}{2} ag)^2 = 2 (\frac{1}{2} ag)^2 = \frac{1}{2} ag^2$, weil ag sehr klein, mithin der Sinus von ag mit dem Bogen selbst beynahe gleich groß ist. Hieraus findet man ea = gb $= \frac{ag^2}{2 . ca} = \frac{\gamma^2 dt^2}{2\alpha}$ d. h. der Körper wird, wenn ca mit seiner Bahn rechte Winkel macht, durch die Fortsetzung seiner vorigen Bewegung in der unendlich kleinen Zeit von dem Punkte c um den Raum $\frac{\gamma^2 dt^2}{2\alpha}$ entfernt. Nimmt man diese Entfernung als Wirkung einer Kraft an, so läßt sich diese mit der Centripetalkraft oder der Schwere = 1 vergleichen. Setzt man nämlich statt der unendlich kleinen Zeit dt eine sehr kleine endliche Zeit = t, in welcher die Schwere den Körper durch den Raum gt^2 treibt, so wird jene

Kraft

Kraft den Körper durch den Raum $\frac{\gamma^2 t^2}{2\alpha}$ treiben, und man hat

$$gt^2 : \frac{\gamma^2 t^2}{2\alpha} = 1 : \text{zur suchenden Kraft, oder}$$

$$gt^2 : \frac{\gamma^2 t^2}{2\alpha} = 1 : \frac{\gamma^2}{2\alpha g}.$$

Eben diese Kraft, welche man als die Ursache der Entfernung des Körpers von c annimmt, wird die Schwungkraft um c genannt. Die Größe dieser Kraft hängt allemal von der Geschwindigkeit und von dem Abstande des Punktes c ab. Es wird aber beständig vorausgesetzt, daß der Punkt c, auf welchen sich die Kraft beziehet, in einer auf der Bahn senkrechten Linie liege. Wäre also c der Mittelpunkt der Kräfte bey der Centralbewegung, folglich $ca = \alpha$ der Radius Vektor, so ergiebt sich daraus das Gesetz: in den Stellen, wo der Radius Vektor mit der Bahn rechte Winkel macht, ist die Schwungkraft um den Mittelpunkt der Kräfte gleich dem Quotienten aus dem Quadrate der Geschwindigkeit durch das gedoppelte Produkt des Radius Vektor in g dividirt. Wenn c selbst der Mittelpunkt des Krümmungskreises, mithin ca allemal auf die Bahn des Körpers senkrecht ist, so ist alsdann $ca = \alpha$ der Krümmungshalbmesser, und man erhält den allgemeinen Satz: die Schwungkraft um den Mittelpunkt des Krümmungskreises ist gleich dem Quotienten aus dem Quadrate der Geschwindigkeit durch das gedoppelte Produkt des Krümmungshalbmessers in g dividirt. Ist die Bahn des Körpers selbst ein Kreis, dessen

dessen Mittelpunkt c, so ist die Schwungkraft um den Mittelpunkt in jeder Stelle $= \frac{\gamma^2}{2\alpha g}$.

Bey der Centralbewegung kann also der Körper bey gleicher Geschwindigkeit und an einerley Stelle der Bahn verschiedene Schwungkräfte besitzen, nachdem sein Schwung um verschiedene in der Normallinie liegende Punkte als Mittelpunkte der Kräfte betrachtet wird. So ist in der Stelle (fig. 44.) a die Schwungkraft des Körpers um c $= \frac{\gamma^2}{2g \cdot ac}$, und in eben der Stelle a um den Punkt l $= \frac{\gamma^2}{2g \cdot al}$ u. s. f. In solchen Fällen verhalten sich nun die Schwungkräfte zu einander umgekehrt wie die Entfernungen dieser Punkte von a; also hier die Schwungkraft um c zu der um l wie al : ac.

Da bey der Centralbewegung der bewegte Körper in allen Stellen der Bahn von dem Mittelpunkte der Kräfte ungleich weit entfernt ist, so muß die Schwungkraft bald größer bald kleiner als die Centripetalkraft seyn, nachdem sich der Körper vom Mittelpunkte der Kräfte bald mehr bald weniger entfernet. Es läßt sich nämlich die Centripetalkraft nach der Richtung cf in zwey Kräfte zerlegen, deren eine nach der Richtung der Tangente pg, welche Tangentialkraft heißt, und die andere nach der Richtung fp, welche die Normalkraft genennt wird und der Centripetalkraft gerade entgegengesetzt ist, auf die Bahn senkrecht wirken. Die Tangentialkraft wirkt ganz allein

auf

auf die Geschwindigkeit des Körpers, die Normalkraft aber, welche die Krümmung der Bahn bewirkt, wird von der Schwungkraft aufgehoben. Es sey die Größe der Centripetalkraft durch fg und die Normalkraft durch fp ausgedrückt, so verhält sich die Centripetalkraft nach der Richtung fc zur Normalkraft nach der Richtung fp wie $fg : fp = cb : be = y : \beta$, mithin ist, wenn die Centripetalkraft $= \lambda$ gesetzt wird, die Größe der Normalkraft $= \frac{\lambda\beta}{y}$. Nimmt man den Krümmungshalbmesser $= \frac{\phi^2 y}{2g\lambda\beta} = \varrho$, so ist $\frac{\lambda\beta}{y}$, oder die Normalkraft $= \frac{\phi^2}{2g\varrho}$. Es war aber auch nach dem vorigen die Schwungkraft nach dem Mittelpunkte des Krümmungskreises $= \frac{\phi^2}{2g\varrho}$; daher hebt diese die Normalkraft gerade auf. Es verhindert also die Normalkraft, daß sich der Körper von dem Mittelpunkte des Krümmungskreises weiter entfernen oder den Krümmungskreis verlassen könne, vielmehr krümmt sie an jeder Stelle die Bahn desselben, welche sonst geradlinigt nach der Tangente fortgienge.

Was die Tangentialkraft betrift, so verhält sich diese zu $\lambda = gp : fg = fg : bg = dy : ds$, folglich die Tangentialkraft $= \frac{\lambda dy}{ds} = \frac{\lambda dy}{\phi dt}$. Ihre Geschwindigkeit, die sie in der Zeit dt hervorbringt, ist $d\phi = \frac{2g\lambda dy}{\phi}$. Noch ist zu bemerken, daß die

Tan-

Tangentialkraft der Bewegung des Körpers sowohl entgegen, als auch mit ihr nach einerley Richtung wirken kann, nachdem der Radius Vektor im Abnehmen oder Zunehmen ist.

Die Schwungkraft erfolgt um Punkte, welche in der Normallinie liegen. Der vornehmste von diesen Punkten ist der Mittelpunkt des Krümmungskreises. Um diesen ist die Schwungkraft $= \frac{\varphi^2}{2g\varrho}$, mithin allenthalben der Normalkraft gleich. Man muß nämlich in jedem Elemente der Bahn die Bewegung des Körpers als eine Kreisbewegung betrachten, dessen Krümmungshalbmesser in jeder Stelle der Bahn ein anderer ist. In den Punkten a und l, wo der Krümmungshalbmesser in die Axe des Kegelschnitts fällt, kann die Schwungkraft um mehrere Punkte der Axe betrachtet werden. Sie ist an der Stelle a um den Mittelpunkt der Kräfte c $= \frac{\gamma^2}{2g\alpha}$, und kleiner als λ, also wird hier der Körper von der Centripetalkraft mehr nach dem Mittelpunkte der Kräfte hingezogen, und er muß sich demselben nähern. In l hingegen ist die Schwungkraft um c größer als die Centripetalkraft, und es muß sich daher der Körper wieder vom Mittelpunkte der Kräfte entfernen, und so die andere Hälfte der Ellipse durchlaufen.

Wenn man die Umlaufszeit eines Körpers, welcher sich central bewegt, bestimmen will, so läßt sich diese aus der angegebenen Differenzialgleichung $\varphi\, dt = d\int$ finden. Setzt man nämlich statt φ den Werth

$\frac{\alpha\gamma}{\beta}$, so verwandelt sich jene Gleichung in $ds = \frac{\alpha\gamma}{\beta}$. dt, und $dt = \frac{\beta ds}{\alpha\gamma}$. Nun ist $\frac{1}{2}\beta . ds = \frac{1}{2} ce . bg$ = dem Elemente des Sektors acb, mithin $\frac{1}{2}dt = \frac{d . abc}{\alpha\gamma}$, und $dt = \frac{2d . abc}{\alpha\gamma}$ und das Integral davon $t = \frac{2abc}{\alpha\gamma} + const.$

Für $t = 0$ wird auch $abc = 0$, mithin auch const. $= 0$, und daher das vollständige Integral $t = \frac{2 . abc}{\alpha\gamma}$ d. h. die Zeit, binnen welcher der Körper den Bogen ab durchläuft, ist dem doppelten Sektor abc durch $\alpha\gamma$ dividiret gleich, oder die ganze Umlaufszeit ist der doppelten elliptischen Fläche durch $\alpha\gamma$ dividiret gleich. Vermöge der Lehren der höhern Geometrie ist aber die Fläche einer Ellipse, deren Axe A, und deren Parameter P ist, $= \frac{1}{4}\pi PA\sqrt{A}\sqrt{P}$, oder weil $P = \frac{\gamma^2}{\delta}$ $= \frac{\frac{1}{4}\pi A . \gamma\sqrt{A}}{\sqrt{\delta}}$, folglich die Umlaufszeit in der elliptischen Bahn $\frac{2 . \frac{1}{4}\pi A\gamma\sqrt{A}}{\alpha\gamma\sqrt{\delta}} = \frac{\pi A\sqrt{A}}{2\alpha\sqrt{\delta}}$, und zwar in solchen Zeittheilen, wovon der eine zur Bestimmung von δ zur Einheit angenommen ist.

Nimmt man an, daß von einerley Mittelpunkte der Kräfte zwey verschiedene Körper in verschiedenen Entfernungen angezogen werden, so setze man die Entfernung des erstern $= \alpha$, und die des andern $= \Delta$; ferner bezeichne man die Wege, welche sie vermöge dieser

ser Anziehung binnen einer gewissen bestimmten Zeit durchlaufen müßten $= \delta$ und η, so werden sich die Wege nach der Voraussetzung verkehrt wie die Quadrate der Entfernungen von dem Mittelpunkte der Kräfte verhalten, oder $\delta : \eta = \Delta^2 : \alpha^2$, oder $\sqrt{\delta} : \sqrt{\eta} = \Delta : \alpha$, mithin $\alpha\sqrt{\delta} = \Delta\sqrt{\eta}$. Bewegen sich nun diese Körper in Ellipsen, deren Axen A und E und deren Umlaufszeiten T und t bedeuten, so hat man

$$T = \frac{\pi A\sqrt{A}}{2\alpha\sqrt{\delta}}, \text{ und } t = \frac{\pi E\sqrt{E}}{2\Delta\sqrt{\eta}} = \frac{\pi E\sqrt{E}}{2\alpha\sqrt{\delta}},$$

mithin $T : t = A\sqrt{A} : E\sqrt{E}$ oder $T^2 : t^2 = A^3 E^3$ d. h. die Quadrate der Umlaufszeiten derjenigen Körper, welche bey ungleichen Entfernungen in elliptischen Bahnen um einerley Mittelpunkt der Kräfte sich bewegen, verhalten sich wie die Würfel der großen Axen der Bahnen[k]). Diesen wichtigen Satz hatte schon längst Kepler bey dem Umlaufe der Planeten um die Sonne aus verschiedenen Beobachtungen, welche vorzüglich Tycho de Brahe gemacht hatte, entdeckt, ehe noch Newton die Gesetze der Centralbewegung entwickelt hatte (Th. I. S. 110.)

Aus den Gesetzen der Centralbewegung lassen sich nun die Gesetze der Schwungbewegung im Kreise, welche Huygens entdeckte, als nothwendige Folgen herleiten. Ehe noch Huygens Beweise dieser Gesetze bekannt wurden, hatte schon Newton von einigen gezeigt, daß sie aus den Centralbewegungen fließen[l]). Nachher sind sie von verschiedenen Mathematikern, als

z. B.

k) *Newtoni* princip. L. I. prop. IV. coroll. 6.

l) Ibid. lib. I. prop. IV.

z. B. dem Marquis de l'Hopital[m]), Hermann[n]) und andern bewiesen worden. Wenn nämlich der Mittelpunkt der Kräfte im Mittelpunkte des Kreises liegt, so muß die Geschwindigkeit des Körpers im Kreise in allen Punkten desselben gleich, folglich die Bewegung gleichförmig seyn. Denn vermöge des Gesetzes aller Centralbewegungen sind die vom Radius Vektor durchlaufenen Flächenräume gleich, wenn die Zeiten gleich sind. Bey einem Kreise aber sind diese Flächenräume lauter Sektoren desselben, welchen bey gleichem Inhalte auch gleich große Bogen zugehören. Es werden folglich auch in gleichen Zeiten gleich große Bogen beschrieben; welches eben so viel ist, als die Bewegung ist gleichförmig. Eben dies folgt auch aus der eben gefundenen Gleichung $\varphi = \frac{\alpha\gamma}{\beta}$, indem bey einem Kreise die senkrechte Linie aus dem Mittelpunkte der Kräfte auf die Tangente gezogen dem Halbmesser oder dem Radius Vektor gleich ist; mithin $\alpha = \beta = \gamma$, und daher $\varphi = \gamma$. Beym Kreise wird folglich der Halbmesser der Krümmung $= \frac{\gamma^2 \alpha}{2g\lambda\alpha} = \frac{\gamma^2}{2g\lambda}$; ferner ist nun dieser Krümmungshalbmesser dem Halbmesser des Kreises selbst gleich, folglich hat man $\alpha = \frac{\gamma^2}{2g\lambda}$, und $2g\lambda\alpha = \gamma^2$ und $\lambda = \frac{\gamma^2}{2g\alpha}$ d. h. die Centripetalkraft eines Körpers in der Kreisbewegung ist gleich dem Quotienten aus

m) Mémoir. de l' Acad. roy. scienc. de Paris. an. 1700.
n) Phoronomia etc. §. 183.

aus dem Quadrate des in der Zeiteinheit durchlaufenen Bogens durch das Produkt der gedoppelten Entfernung des Körpers von dem Mittelpunkte der Kräfte in g dividiret, oder auch, sie ist dem Quotienten aus dem Quadrate der Geschwindigkeit durch das Produkt dieser Entfernung vom Mittelpunkte mit g dividiret gleich. Gerade so groß muß auch das Bestreben des Körpers seyn, sich vom Mittelpunkte der Kräfte zu entfernen, oder die Schwungkraft; denn beyde, die Centripetalkraft und die Schwungkraft, müssen einander das Gleichgewicht halten, weil sich der in der Kreisbewegung befindliche Körper dem Mittelpunkte der Kräfte weder nähert noch davon entfernet.

Weil bey der Kreisbewegung in gleichen Zeiten gleiche Bogen zurückgelegt werden, so läßt sich die Umlaufszeit derselben sehr leicht finden. Man hat nämlich nur nöthig, den ganzen zurückgelegten Weg durch die Geschwindigkeit zu dividiren, so wird der Quotient die Umlaufszeit seyn. Weil also der Weg im Kreise $= 2\pi\alpha$, und die Geschwindigkeit γ ist, so hat man die Umlaufszeit $t = \frac{2\pi\alpha}{\gamma}$.

Wenn ein Körper mit unveränderter Kraft $= \lambda$ von einer gewissen Höhe $= h$ herabfallen soll, um die Geschwindigkeit des in der Kreisbewegung begriffenen Körpers $= \gamma$ zu erhalten, so muß $h = \frac{Py^2}{4\beta^2}$ seyn. Da nun beym Kreise $P = 2\alpha$, $\beta = y = \alpha$, so hat man

$h = \frac{1}{2}\alpha$ d. h. die Höhe, von welcher der Körper mit beschleunigter Bewegung herabfallen muß, um die Geschwindigkeit, welche er in der Kreisbewegung hat, zu erhalten, ist der Hälfte des Halbmessers des Kreises gleich (Th. I. S. 348. n. 5.).

Ueberdem fließen aus der Centralbewegung noch folgende Gesetze der Kreisbewegung:

1. Wenn zwey Körper zu ihren verschiedenen Kreisumläufen gleiche Umlaufszeiten gebrauchen, so verhalten sich die Centripetalkräfte, wie die Halbmesser °). Man hat nämlich (fig. 46) $ag : hl = ac : hc$. Auch ist $ae : hk = \frac{ag^2}{2 . ac} : \frac{hl^2}{2 . hc}$. Setzt man den Halbmesser $ac = \alpha$, und den $hc = A$, so ist $ag : hl = \alpha : A$, und es wird $ae : hk = \frac{\alpha^2}{2\alpha} : \frac{A^2}{2A} = \alpha : A$.

2. Wenn zwey Körper mit verschiedenen Geschwindigkeiten einen Kreis durchlaufen, so verhalten sich die Centripetalkräfte wie die Quadrate der Geschwindigkeiten p). Durchläuft nämlich der Körper in einer als Eins angenommenen Zeit den Bogen ag, und der andere den Bogen am, so verhalten sich die Centripetalkräfte wie $\frac{ag^2}{2 . ac} : \frac{am^2}{2 . ac} = ag^2 : am^2$. Ist nun $ag : am = A : \alpha$, so ist auch $ag^2 : am^2 = A^2 : \alpha^2$. Da sich ferner bey gleichen Zeiten die Wege

o) *Newtoni* princip. lib. I. prop. IV. coroll. 3.
p) Ibid. prop. IV.

ge wie die Geschwindigkeiten verhalten, so werden sich auch die Centripetalkräfte wie die Quadrate der Geschwindigkeiten verhalten.

3. Wenn zwey Körper in verschiedenen Kreisen mit gleichen Geschwindigkeiten und ungleichen Umlaufszeiten sich bewegen, so verhalten sich die Centripetalkräfte umgekehrt wie die Halbmesser q). Durchläuft nämlich der eine Körper in der Zeit t den Bogen ag, und der andere in eben der Zeit den Bogen hn = ag, so verhalten sich die Centripetalkräfte $= \frac{ag^2}{2 . ac} : \frac{hn^2}{2 . hc} = \frac{1}{2\alpha} : \frac{1}{2A} = \frac{1}{\alpha} : \frac{1}{A} = A : \alpha.$

4. Wenn zwey Körper in verschiedenen Kreisen mit ungleichen Geschwindigkeiten und ungleichen Umlaufszeiten sich bewegen, so verhalten sich die Centripetalkräfte wie die Quotienten der Halbmesser durch die Quadrate der Zeiten dividiret r). Setzt man nämlich beyder Geschwindigkeiten γ und G, die Umlaufszeiten t und T, und die Kreisbogen Π und π, so verhalten sich die Centripetalkräfte $= \frac{\gamma^2}{2 . ac} : \frac{G^2}{2 . ch} = \frac{\gamma^2}{ac} : \frac{G^2}{ch};$ nun ist $\gamma = \frac{\Pi}{t}$ und $G = \frac{\pi}{T}$, folglich $\gamma^2 = \frac{\Pi^2}{t^2}$ und $G^2 = \frac{\pi^2}{T^2}$, mithin verhalten sich die Centripetalkräfte $= \frac{\Pi^2}{t^2 . ac} : \frac{\pi^2}{T^2 . ch}$; ferner ist $\Pi^2 : \pi^2 =$

ac²

q) *Newtoni* princip. etc. coroll. 5.

r) Ibid. coroll. 2.

$ac^2 : ch^2$, also auch jene Kräfte $= \frac{ac^2}{t^2 . ac} : \frac{hc^2}{T^2 . hc}$ $= \frac{ac}{t^2} : \frac{hc}{T^2}$.

Die Anwendung dieser Gesetze auf wirkliche Körper giebt folgende Sätze:

1. Die Massen zweyer ungleich schweren Körper verhalten sich zu einander, wie die Schwungkräfte, wenn die Geschwindigkeiten derselben und ihre Entfernungen vom Mittelpunkte der Kräfte gleich groß sind. Setzt man nämlich die Massen $= M$ und m, und die Geschwindigkeit $= \gamma$, so verhalten sich die Schwungkräfte wie $\frac{M\gamma^2}{\alpha} : \frac{m\gamma^2}{\alpha} = M : m$. (Th. I. S. 346.).

2. Wenn die Massen und Umlaufszeiten zweyer Körper gleich groß sind, so verhalten sich die Schwungkräfte wie die Halbmesser (Th. I. S. 347. n. 1.). Weil nämlich die Umlaufszeit $t = \frac{2\pi\alpha}{\gamma}$ sich wie $\frac{\alpha}{\gamma}$ verhält, so verhält sich auch $\frac{M\gamma^2}{\alpha}$ wie $\frac{M\gamma}{t}$, oder wie $\frac{M\alpha}{t^2}$ d. h. die Schwungkräfte verhalten sich wie die Halbmesser.

3. Wenn die Umlaufszeiten gleich sind, so verhalten sich die Schwungkräfte wie die Produkte aus den Massen in die Halbmesser. Es ist nämlich das

Verhältniß der Schwungkräfte $= \frac{M\alpha}{t^2} : \frac{mA}{T^2} = M\alpha :$ mA. Sollten hier die Schwungkräfte gleich seyn, so müßte auch $M\alpha = mA$, mithin $M : m = A : \alpha$ seyn, d. h. in diesem Falle müßten sich die Massen verkehrt wie die Halbmesser verhalten.

4. Sind die Massen und Halbmesser einander gleich, so verhalten sich die Schwungkräfte wie die Quadrate der Geschwindigkeiten (Th. I. S. 347. n. 2.). Es ist nämlich das Verhältniß der Schwungkräfte $= \frac{M\gamma^2}{\alpha} : \frac{MG^2}{\alpha} = \gamma^2 : G^2$.

5. Wenn die Halbmesser gleich groß, die Massen aber ungleich groß sind, so verhalten sich die Schwungkräfte wie die Produkte der Massen in die Quadrate der Geschwindigkeiten. Denn diese Kräfte verhalten sich wie $\frac{M\gamma^2}{\alpha} : \frac{mG^2}{\alpha} = M\gamma^2 : mG^2$.

6. Wenn die Massen und Geschwindigkeiten gleich groß sind, so verhalten sich die Schwungkräfte verkehrt wie die Halbmesser. Denn die Schwungkräfte verhalten sich wie $\frac{M\gamma^2}{\alpha} : \frac{M\gamma^2}{A} = \frac{1}{\alpha} : \frac{1}{A} = A :$ α. (Th. I. S. 348. n. 3.).

7. Wenn die Geschwindigkeiten gleich groß sind, so verhalten sich die Schwungkräfte wie die Produkte der Massen mit den verkehrten Halbmessern multiplicirt.

ret. Es ist nämlich das Verhältniß $= \frac{M\gamma^2}{\alpha} : \frac{m\gamma^2}{A}$
$= \frac{M}{\alpha} : \frac{m}{A} = MA : m\alpha$.

8. Wenn sich die Quadrate der Umlaufszeiten wie die Würfel der Entfernungen vom Mittelpunkte der Kräfte verhalten, und die Massen gleich sind, so verhalten sich die Schwungkräfte verkehrt wie die Quadrate der Halbmesser. Es ist nämlich das Verhältniß der Schwungkräfte $= \frac{\alpha}{t^2} : \frac{A}{T^2}$, weil nun $t^2 : T^2 = \alpha^3 : A^3$, so ist auch das Verhältniß der genannten Kräfte $= \frac{\alpha}{\alpha^3} : \frac{A}{A^3} = \frac{1}{\alpha^2} : \frac{1}{A^2} = A^2 : \alpha^2$.

9. Findet die Voraussetzung des vorigen Falles, jedoch mit ungleichen Massen, statt, so verhalten sich die Schwungkräfte wie die Produkte aus den Massen in die Quadrate der verkehrten Halbmesser. Denn es ist das Verhältniß dieser Kräfte $= \frac{M\alpha}{t^2} : \frac{mA}{T^2} = \frac{M\alpha}{\alpha^3} : \frac{mA}{A^3} = \frac{M}{\alpha^2} : \frac{m}{A^2} = MA^2 : m\alpha^2$.

10. Ueberhaupt ist das Verhältniß der Schwungkräfte in einem zusammengesetzten Verhältnisse der Massen, der Halbmesser und dem verkehrten Verhältnisse der Umlaufszeiten. Weil nämlich die Umlaufszeiten $t = \frac{2\pi\alpha}{\gamma}$ und $T = \frac{2\pi A}{G}$ sich verhalten wie $\frac{\alpha}{\gamma}$:

$\frac{A}{G}$, so verhalten sich auch die Schwungkräfte $\frac{M\gamma^2}{\alpha}$: $\frac{mG^2}{A} = \frac{M\gamma}{t} : \frac{mG}{T} = M\gamma T : mGt$. Ferner verhalten sich $\gamma : G = \alpha : A$, mithin die gedachten Kräfte $= M\alpha T : mAt$.

11. Wenn die Massen und Schwungkräfte gleich groß sind, so verhalten sich die Quadrate der Umlaufszeiten wie die Halbmesser (Th. I. S. 348. n. 4.). Weil nämlich $\frac{M\alpha}{t^2} = \frac{MA}{T^2}$, so hat man $M\alpha : MA = t^2 : T^2 = \alpha : A$.

12. Wenn sich die Geschwindigkeiten verkehrt wie die Halbmesser verhalten, so verhalten sich die Schwungkräfte verkehrt wie die Würfel der Halbmesser.

Auch die sogenannten konischen Schwünge, von welchen ebenfalls Huygens als eine Anwendung der Schwungkräfte im Kreise geredet hat, lassen sich aus den Gesetzen der Centralbewegung ableiten. Hermann[s]) und nach ihm verschiedene Mathematiker haben sie kurz und mit mathematischer Schärfe erwiesen. Sie lassen sich auf folgende Art begreiflich darstellen. Der Körper b (fig. 47.), welcher in konischen Schwingungen begriffen ist, wird durch die Schwere, welche nach der vertikalen Richtung bg wirkt, so lange herabgetrieben, bis die aus der Geschwindigkeit γ herrührende Schwungkraft be mit ihr eine mittlere Richtung nach bf zuwege bringt, welche dem gespannten

s) Phoronomia. §. 184.

ten Faden bc gerade entgegengesetzt ist. Ehe aber dies erfolgt, muß der Winkel c immer kleiner, und der Kreis ab immer enger werden; so bald hingegen diese Richtung des schwingenden Pendels eingetreten ist, so hebt nun die Schwungkraft die Schwere auf, und es wird, im Fall die Schwungkraft sich immer gleich bleibt, das Pendel b seine Kreisbewegung um d ungeändert fortsetzen. Nimmt man alsdann die Schwere nach der Richtung $bg = 1$ an, so erhält man $be = gf = \frac{\gamma^2}{2g \cdot bd}$, und wegen Aehnlichkeit der Dreyecke cbd und bgf, $bg : gf = cd : db$, oder $1 : \frac{\gamma^2}{2g \cdot bd} = cd : db$, folglich $bd^2 = \frac{\gamma^2 \cdot cd}{2g}$, und $\gamma = bd \sqrt{\frac{2g}{cd}}$. Die Zeit, binnen welcher das Pendel b den Kreis ab durchläuft, ist $= \frac{2\pi \cdot db}{\gamma} = \frac{2\pi}{\gamma} \cdot \gamma \sqrt{\frac{cd}{2g}} = \pi \sqrt{\frac{2 \cdot cd}{g}}$ Sekunden. Diese Zeit ist gerade so groß als die, welche ein Pendel von der Länge cd braucht, um einen unendlich kleinen ganzen Schwung zu vollbringen (Th. I. S. 336.), und daraus folgt Huygens fünftes Gesetz (Th. I. S. 350.). Auch folgt aus dieser Formel Huygens zweytes Gesetz (Th. I. S. 349.), daß sich nämlich die Umlaufszeiten konischer Schwünge wie die Quadratwurzeln aus den Höhen der Kegel verhalten.

Will man statt der Höhe des Kegels den Winkel α, und die Länge $cb = \lambda$ des Pendels in Rechnung brin-

bringen, so wird $cd = \lambda \cdot \cos. \alpha$, mithin die Umlaufszeit $= \pi \sqrt{\frac{2\lambda \cdot \cos. \alpha}{g}}$ Sekunden; also verhalten sich für gleiche α die Umlaufszeiten wie die Quadratwurzeln aus der Länge des Pendels d (Th. I. S. 349. n. 2.), und für ungleiche α, aber gleiche Längen λ, wie die Quadratwurzeln aus den Cosinussen der Winkel α (Th. I. S. 349. n. 4.).

Vermöge der Proportion $cd : cb = bg : bf$ findet man die Kraft bf, womit der Faden gespannt wird, $bg = 1$ gesetzt, $= \frac{cb}{cd}$; mithin verhält sich die spannende Kraft zur Schwere, wie die Länge des Pendels zur Höhe des Kegels.

Wenn die Schwungkraft nicht in allen Zeittheilen gleich bleibt, sondern immer kleiner wird, welches schon durch den Widerstand des Mittels, worin das Pendel schwingt, und durchs Reiben geschiehet, so wird der Winkel α nach und nach immer kleiner; das Pendel b beschreibt eine Schneckenlinie, und kommt endlich in der Vertikallinie cd zur Ruhe. An Uhren aber, wo durch Gewichte oder gespannte Federn der Gang des Pendels beständig einerley Schwung behält, bleibt auch der Winkel α immer der nämliche, und es findet daher die angeführte Formel ihre Anwendung.

Wenn ein schwerer Körper vertikal geschwungen würde, so daß ein Theil seiner Bahn die krumme Linie (fig. 48.) ack vorstellt, so muß nothwendig seine Schwere in der untern Hälfte der Bahn die Schwungkraft vermehren, in der obern aber vermindern.

Nimmt

Nimmt man also an, der Körper falle von dem Punkte a auf der krummen Bahn ack herab, und die Natur der krummen Linie sey durch eine Gleichung zwischen ab = x und ac = φ gegeben, so wird der Körper, der in c mit der Geschwindigkeit v anlangt, in dem unendlich kleinen Zeittheilchen dt den Weg gh = dφ zurücklegen, und bd = gm = dx seyn. In dem Augenblicke, da der Körper in c anlangt, sey die Wirkung der Schwere cf = 1. Diese läßt sich nun in die beyden Seitenkräfte ce in der geradlinichten Richtung des gespannten Fadens cl, und in ef mit ch parallel zerlegen; die erstere Kraft ce wirkt nun auf die Spannung des Fadens cl, und bestimmt also den Zuwachs der schon vorhandenen Schwungkraft. Es verhält sich aber diese Kraft zur Schwere oder zu 1 wie ce : cf, oder wegen Aehnlichkeit der Dreyecke cef und cmh, wie mh : gh d. i. wie dy : dφ, mithin ist ihre Größe = $\frac{dy}{d\varphi}$. Wäre die krumme Linie ein Kreis vom Halbmesser ϱ, also die Schwungkraft für sich bey der Geschwindigkeit v = $\frac{v^2}{2g\varrho}$, so ist beym vertikalen Kreis die ganze Spannung des Fadens lc = $\frac{v^2}{2g\varrho} + \frac{dy}{d\varphi}$. Wird die Curve ack ein völliger Quadrant, so ist nach Sätzen der höhern Geometrie dy : dφ = x : ϱ, mithin die Schwungkraft in c = $\frac{v^2}{2g\varrho} + \frac{x}{\varrho} = \frac{v^2 + 2gx}{2g\varrho}$, wo in der obern Hälfte des Kreises die x negative Werthe erhalten.

Um aber v zu bestimmen, muß man eine Gleichung zwischen v und x suchen. Diese findet man auf

auf folgende Art: wenn man annimmt, daß der schwere Körper von a an auf dem vorgeschriebenen Wege ack frey herabfällt, und in c die Geschwindigkeit v erlangt hat, so wird alsdann die Normalkraft ce blos einen Druck gegen die Unterlage ausüben, und daher in der Bewegung des Körpers nichts ändern; die andere ef aber, welche mit dem Elemente ch parallel geht, ist Tangentialkraft, und wirkt also ganz auf die Veränderung der Geschwindigkeit des Körpers. Diese Kraft verhält sich zur Schwere wie ef : gf, oder wegen Aehnlichkeit der Dreyecke ecf und cmh, wie cm : ch d. i. wie dx : dφ, mithin ist die Größe dieser Kraft $= \frac{dx}{d\varphi}$, welche in der Zeit dt die Geschwindigkeit $2g \frac{dx}{d\varphi} . dt$ erzeugt. Weil man nun bey allen Bewegungen $d\varphi = v\,dt$ setzen kann, so hat man auch $2g . \frac{dx}{d\varphi} . dt = \frac{2g\,dx}{v} = dv$, und um so viel verändert sich die Geschwindigkeit des Körpers von jeder Stelle c durch die Wirkung seiner Schwere. Man findet also daraus $2v\,dv = 4g\,dx$.

Nun muß noch für irgend eine Stelle des Weges die Geschwindigkeit bekannt seyn. Man nehme sie für die Stelle a, oder für den Anfangspunkt der Abscissen $\alpha = \gamma$, folglich muß die Formel $2v\,dv = 4g\,dx$ so integriret werden, daß für $x = 0$, $v = \gamma$ wird. Daraus findet man $\gamma^2 = 0 + \text{const.}$, oder $\gamma^2 = \text{const.}$, und daher $v^2 = \gamma^2 + 4gx$ und $\frac{v^2}{2g\varrho} = \frac{\gamma^2}{2g\varrho} + \frac{2x}{\varrho}$, folglich die Schwungkraft in c

$= \gamma^2$

$$= \frac{\gamma^2}{2g\varrho} + \frac{3x}{\varrho} = \frac{\gamma^2 + 6gx}{2g\varrho}.$$

Wenn man ein bis a um 90° erhobenes Pendel frey, ohne ihm einen Stoß zu geben, fallen läßt, so wird natürlich $\gamma = 0$, und die Spannung des Fadens an jeder Stelle $= \frac{3x}{\varrho}$ seyn, und im untersten Punkte k, wo $x = \varrho$ ist, $= 3$, oder dreymal so groß als die Schwere werden (Th. I. S. 350. 351.). Durch ein bloßes Schwingen des Pendels kann aber nie mehr als der untere Halbkreis beschrieben werden, weil das Pendel, wenn es jenseits der Stelle k eben so hoch gestiegen ist, als es disseits gefallen war, wieder zurückfällt.

Soll es aber mehr als den Halbkreis durchlaufen, so wird man ihm in dem Punkte a noch einen Stoß geben müssen, damit es sogleich die Geschwindigkeit γ erlange. Alsdann wird es jenseits k über den Halbkreis so weit hinausgehen, bis die negativen x so groß werden, daß die Spannung des Fadens $= 0$ wird. In einem solchen Falle wäre also $\gamma^2 = 6gx$, oder $x = \frac{\gamma^2}{6g}$. Da hier also die Spannung verschwindet, so wird nun der schwere Körper den vorgeschriebenen Weg gänzlich verlassen, und frey in senkrechter Linie herabfallen, wenn er an einem Faden aufgehangen war, an einem unbiegsamen Stäbchen aber wird er um den Punkt l wieder im Bogen zurückfallen.

Wenn hingegen von dem Körper ein ganzer Kreis beschrieben werden soll, so daß x in der höchsten Stelle $= -\varrho$ ist, so muß die in a ihm mitgetheilte Geschwin-

schwindigkeit wenigstens $= \frac{\gamma^2}{6g} = \varrho$, oder $\gamma^2 = 6g\varrho$ seyn. Hätte nun γ genau diesen Werth, so wird alsdann die Spannung des Fadens in dieser Stelle des Kreises verschwinden; allein der Körper wird nun mit einer Geschwindigkeit, die er noch in der Stelle hat, und deren Quadrat $= 6g\varrho - 4g\varrho = 2g\varrho$ ist, im Bogen um l fortgetrieben werden, wodurch x wieder kleiner wird, und eine neue Spannung des Fadens entstehet. In diesem Falle wird nun die Spannung des Fadens $= 6$, oder 6 mal so groß als die Schwere seyn (Th. I. S. 351.), das Quadrat seiner Geschwindigkeit aber $6g\varrho + 4g\varrho = 10g\varrho$ betragen. Ist demnach die Geschwindigkeit des schwingenden Körpers gerade so groß, daß er einen völligen Kreis zurücklegen kann, so verhalten sich die Quadrate der Geschwindigkeiten für die höchste und niedrigste Stelle wie $2g\varrho : 10g\varrho = 1 : 5$, mithin die Geschwindigkeiten selbst wie $1 : \sqrt{5}$.

Wäre die Geschwindigkeit beym vertikalen Schwunge größer als gerade zur Vollendung des Kreises nöthig wäre, so ist auch die Schwungkraft in jeder Stelle, selbst in der höchsten, größer, als die Schwere. In einem solchen Falle können alsdann die Körper nicht herabfallen, wenn sie gleich oben nicht unterstützt sind. Auf solche Art läßt sich ein Eymer mit Wasser angefüllt im vertikalen Kreise schwingen, ohne daß ein Tropfen Wasser herausfällt, wenn er gleich oben in eine verkehrte Stellung kömmt.

Von der wichtigen Anwendung, welche Newton von der Theorie der Centralbewegung auf die Bewegungen der Himmelskörper machte, soll weiter unten geredet werden.

Pen-

Pendelbewegung.

Nach Galilei erhielt die Pendellehre durch Huygens eine ungemeine Erweiterung. Er fand zuerst, daß die Radlinie die Linie von einerley Zeit des Falles sey, entwickelte die wichtige Lehre vom Mittelpunkte des Schwunges, und wendete das Pendel zum gleichförmigen Gang der Uhren an, wodurch er der Erfinder der Pendeluhren ward (Th. I. S. 334. u. f.). In der größten Allgemeinheit handelt Newton [t]) vom Pendel, mit Voraussetzung einer Schwere, welche nicht nach Parallellinien, sondern nach einem festen Punkte wirkt. Er fand, daß alsdenn die tautochronische Linie eine Epicykloide sey. Er machte mit dem Pendel vorzüglich zur Bestimmung der verschiedenen Schwere in verschiedenen Orten der Erdfläche, welche Huygens noch nicht ahndete, Gebrauch, und bestimmte durch Versuche mit dem Pendel den Widerstand der Mittel, von welchen weiter unten das wesentliche angeführt werden soll.

Huygens hatte seine Theorie vom Mittelpunkte des Schwunges aus dem sogenannten Grundsatze der aufsteigenden Kräfte oder dem Satze abgeleitet, daß einzelne mit einander verbundene Massen durch den Fall so viel Kraft erhalten, daß ihr gemeinschaftlicher Schwerpunkt wieder eben so hoch steigen kann, so tief er gefallen ist. Dieser Satz schien aber nicht allen als Grundsatz evident genug zu seyn, daher haben sich einige die Mühe gegeben, die Lehre von dem Mittelpunkte des Schwunges auf andere Gründe zu bauen. Jakob Bernoulli [u]) bewies die Theorie zuerst durch

t) Princip. Lib. I. sect. X. prop. 46. sqq.

u) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1706. u. Opp. p. 98.

durch ein strenges mathematisches Verfahren aus der Lehre vom Hebel, welches aber für zusammengesetzte Fälle etwas zu weitläuftig wird, und sein Bruder Johann Bernoulli[v]) tadelte daran mit Recht, daß die Voraussetzung, auf welcher sich dieser Beweis gründe, noch einigen Zweifeln unterworfen wäre. Letzterer suchte daher diese Sache leichter und allgemeiner vorzutragen. Er stellt seinen Beweis so dar, wie er darauf verfallen war. Man setze nämlich die Masse eines Körpers = C, die beschleunigende Kraft der Schwere = G, das Gewicht des Körpers = P, folglich P = CG, und $\frac{P}{C} = G$; ferner bezeichne man die senkrechte Entfernung von der Axe des Hebels = D, und das Moment = M, so ist M = P.D = C.G.D.

Hierauf setzt Bernoulli folgende Sätze fest:

1. Einfache Pendel, deren Längen sich wie die beschleunigenden Kräfte verhalten, schwingen gleichzeitig (sunt pendula isochrona).

2. Wenn der Körper C aus folgenden Theilen f, g, h, u. f. bestehet, welche für sich durch die beschleunigenden Kräfte p, q, r u. f. sollicitiret werden, so muß des Körpers C Gewicht = fp + gq + hr u. f. seyn.

3. Der Körper C, welcher entweder schwingt, oder auf eine andere Art frey herabfällt, wird eben so beschleunigt, als wenn er von der Schwere angetrieben

v) Acta erudit. Lips. 1714. u. Opp. T. II. n. 96.

ben würde, welche $= \frac{fp + gq + hr \text{ u. f.}}{C}$ ist.

Man setze nun eine gerade unbiegsame nicht schwere Linie (fig. 49.) bac, die sich um den Punkt a dreht, und in gleichen Entfernungen vom Schwingungspunkte ab = ac befinden sich die Gewichte c und b, so daß c größer als b ist, so wird das Gleichgewicht am Hebel nicht statt finden, sondern das Gewicht c wird in einer gewissen Zeit herabsinken, und zugleich das Gewicht b erheben, wodurch der Hebel die Lage (b) a (c) erhält. Um nun hier den Mittelpunkt des Schwunges, d. i. die Länge des einfachen Pendels al zu finden, welches in einerley Zeit den gleichen Winkel la (l) = ca (c) beschreibt, schloß Bernoulli folgender Maassen. Die beschleunigende Kraft, welche den Körper c niedertreibt, und dadurch den entgegengesetzten b erhebt, wird, weil ab = ac, die nämliche bleiben, wenn der Körper b weggenommen, und mit c verbunden, aber durch — G angetrieben wird. Gedenkt man sich also ab annullirt, so entsteht ein einfaches Pendel ac, welches im Punkte c die Summe der Gewichte c + b hält, deren ersteres von der natürlichen Schwere + G, das andere aber von der nämlichen aber negativen Kraft oder — G angetrieben wird. Daher wird vermöge (3) die ganze Masse c + b eben so schwingen, als wenn sie von der Kraft $(c \cdot G + b \cdot - G) : (c + b) = \frac{(c - b) \cdot G}{c + b}$ angetrieben würde. Es kommt also darauf an, die Länge al eines andern einfachen Pendels zu suchen, welches von der natürlichen Schwere G beschleunigt wird, und mit jenem eingebildeten Hebel gleichzeitig schwingt. Vermöge

(1) verhalten sich nun die Längen der einfachen Pendel, welche gleichzeitig schwingen, wie die beschleunigenden Kräfte, mithin $\frac{(c-b).G}{c+b}$: G = ac: zur suchenden Größe = $\frac{c+b}{c-b}$. ac = al = der Länge des einfachen Pendels, welches mit dem eingebildeten einfachen ac, also auch mit dem zusammengesetzten bac gleichzeitig schwingt; mithin ist l der Mittelpunkt des Schwunges.

Befinden sich aber an einer geraden unbiegsamen nicht schweren Linie mehrere Gewichte, so viel man will, welche von dem Umdrehungspunkte (fig. 50.) a in ungleichen Entfernungen angebracht sind, so ist für sich klar, daß sowohl die Geschwindigkeit, als auch der Zuwachs derselben von irgend einem Punkte p sich wie die Entfernung ap verhalte, und daß die Kraft, welche von einem Gewichte c herrührt, durch die ganze Länge des Stabes al, so wie auch der Antrieb der Schwere, wodurch der Umschwung der Linie al beschleunigt wird, sich vertheile, und zwar so, daß die Kraft, die daraus einem jeden Punkte p erwächst, sich vermöge der Natur des Hebels verkehrt wie die Entfernung ap, oder, welches einerley ist, daß die Kraft in p sich zu der in c umgekehrt wie ac : ap verhält, indem alsdann das Moment in p dem Momente in c gleich ist.

Hieraus erhellet nun, daß, wenn der Körper c, den die natürliche Schwere G antreibt, von c weggenommen, und statt dessen in den Punkt p ein anderer Körper, dessen Masse = $\frac{ac^2 . c}{ap^2}$ die Kraft $\frac{ap. G}{ac}$ antreibt,

treibt, angebracht wird, die Stange al mit eben derselben bewegenden Kraft, wie vorher, angetrieben wird, und auch den nämlichen Zuwachs der circulirenden Geschwindigkeit erhält. Denn es ist das Moment in $p = ap \cdot \frac{ac^2 \cdot c}{ap^2} \cdot \frac{ap \cdot G}{ac} = ac \cdot c \cdot G =$ dem Momente, welches der Körper c mit der natürlichen Schwere hervorbringt. Weil überdem die beschleunigende Kraft in c zu der in p wie $G : \frac{ap \cdot G}{ac} = ac : ap$ ist, so werden auch die Zuwüchse der Geschwindigkeiten in den Punkten c und p den Entfernungen ac und ap proportional seyn; folglich wird die Linie al eben so beschleunigt, sie mag entweder von dem Körper c durch die Schwere G, oder von dem Körper p durch die Kraft $\frac{ap \cdot G}{ac}$ angetrieben werden.

Man sieht leicht, daß alle diese Schlüsse, welche in Ansehung des Körpers c gemacht sind, von allen im zusammengesetzten Pendel befindlichen schweren Theilen statt finden, und daß es bey der Bestimmung des Mittelpunkts des Schwunges vorzüglich darauf ankomme, alle schwere Theile am zusammengesetzten Pendel in einen einzigen Punkt zusammenzubringen. Auf solche Art verwandelt sich das zusammengesetzte Pendel in ein einfaches von willkührlicher Länge, welches mit jenem gleichzeitig schwingt, und dessen Gewicht aus eben so vielen schweren körperlichen Theilen, aber durch verschiedene Kräfte angetrieben, bestehet; alsdann läßt sich vermöge (1) und (2) ein anderes einfaches Pendel finden, welches von der natürlichen Schwere G angetrieben wird und gleichzeitig schwingt.

Man setze also (fig. 51.) al ein geradlinichtes Pendel von so vielen gleichen oder ungleichen Gewichten, als man will, c, d u. f. zusammengesetzt. Nachdem es nun aus der Lage der Ruhe al in die Lage a (l) gekommen ist, stelle man sich vor, daß die Gewichte c, d u. f. plötzlich vernichtet, in dem Augenblicke aber eben so viele in dem Punkte p entstünden, wovon die Masse der erstern $= \frac{ac^2 \cdot c}{ap^2}$, die der andern $= \frac{ad^2 \cdot d}{ap^2}$ u. f. und jene von der Kraft $\frac{ap \cdot G}{ac}$, diese von der Kraft $\frac{ap \cdot G}{ad}$ u. f. angetrieben würde. Aus dem vorhergehenden erhellet nun, daß der Stab a (l) durch diese Substitution weder an der Größe der bewegenden Kraft, noch an der Beschleunigung eine Veränderung erleidet; folglich setzt er seine Schwungbewegung noch eben so fort, als er gethan haben würde, wenn die vorigen Gewichte c, d. u. f. geblieben wären. Dadurch erhält man also das einfache Pendel von der Länge ap, welches mit dem zusammengesetzten acd gleichzeitig schwingt. Da aber dieses einfache Pendel von einer Kraft, welche entweder größer oder kleiner als die natürliche Schwere ist, angetrieben wird, so muß man nun noch die Länge eines andern einfachen Pendels suchen, welches mit jenem angenommenen gleichzeitig schwingt, aber von der natürlichen Schwere sollicitirt wird. Nun hat man aber vermöge (2) $\frac{ac^2 \cdot c}{ap^2} \cdot \frac{ap \cdot G}{ac} = \frac{ac \cdot c \cdot G}{ap}$; $\frac{ad^2 \cdot d}{ap^2} \cdot \frac{ap \cdot G}{ad} = \frac{ad \cdot d \cdot G}{ap}$ u. f., mithin nach (3) die

Kraft,

Kraft, welche den Körper p beschleunigt

$= \frac{(ac.c + ad.d + u.f.)\,G}{ap} : \frac{ac^2.c + ad^2.d + u.f.}{ap^2}$

$= \frac{(ac.c + ad.d + u.f.)\,.\,G\,.\,ap}{ac^2.c + ad^2.d + u.f.}$. Es läßt sich also schließen, diese Kraft verhält sich zur natürlichen Schwere G, wie die Länge des angenommenen Pendels ap zur zu suchenden Länge des einfachen Pendels, das mit dem zusammengesetzten gleichzeitig schwingt. Man findet also $\frac{(ac.c + ad.d + u.f.)\,G\,.\,ap}{ac^2.c + ad^2.d + u.f.}$: G = ap : x oder (ac . c + ad . d + u. f.) ap : ac². c + ad² . d + u. f. = ap : x, und x = az = $\frac{ac^2.c + ad^2.d + u.f.}{ac.c + ad.d + u.f.}$, folglich z der Mittelpunkt des Schwunges.

Dieser Ausdruck ist ganz die Regel, welche Huygens aus dem Grundsatze der aufsteigenden Kräfte herleitete. Durch ähnliche Schlüsse hat Bernoulli diese Regel auch bey zusammengesetztern Fällen erwiesen.

Widerstand, den feste Körper erleiden, welche sich im Flüssigen bewegen.

Galilei hatte schon ganz richtig angeführt, daß die Bewegung der festen Körper in der Atmosphäre unserer Erde, wie beym freyen Falle, beym Pendel, beym Wurfe u. s. f., nach und nach durch den Widerstand, welchen ihr die Luft entgegensetzt, vermindert werde, und endlich ganz aufhöre. Vor Newton aber hatte sich kein einziger an die mit Schwierigkeiten verbundene Theorie des Widerstandes, welchen feste Körper bey der Bewegung in flüssigen Mitteln

erleiden, gewagt. Erst dieser brachte sie in der größten Allgemeinheit mit der Theorie der allgemeinen Schwere in Verbindung, und trug sie im zweyten Buche seiner Principien vor. Er verglich sie mit Versuchen, welche darzuthun scheinen, daß bey den in der Natur vorgehenden Bewegungen der Widerstand dem Quadrate der Geschwindigkeit proportional gefunden werde.

Die Theorie läßt sich kurz so übersehen. Wenn man voraussetzt, daß sich eine ebene Fläche in einer ruhenden flüssigen Materie mit paralleler Bewegung nach einer auf dieser Fläche senkrechten Richtung bewegt, so setze man, die ebene Fläche gehe mit der Geschwindigkeit $= v$ fort. Dies will nun eben so viel sagen, als wenn sie in einer als Eins angenommenen Zeit, z. B. 1 Sekunde, den Weg v durchliefe; mithin muß sie in dieser Zeit eine Menge der flüssigen Materie mit einer gewissen Kraft fortgeschoben haben. Setzt man nun diese Menge der flüssigen Materie $= \alpha$, und die Kraft $= p$, so muß $p = \alpha v$ seyn. Ferner sey die Dichtigkeit der flüssigen Materie $= \gamma$, und die geometrische Größe der verdrängten flüssigen Materie $= \mu$, so wird $\alpha = \gamma \mu$, und es ergiebt sich $p = \gamma \mu v$. Diese verdrängte flüssige Materie ist aber nichts weiter, als eine prismatische Säule, welche die bewegte ebene Fläche zur Grundfläche, und den zurückgelegten Weg v zur Höhe hat. Ist also der Quadratinhalt der ebenen Fläche $= \beta$, so ist $\mu = \beta v$, und man erhält $p = \beta v \gamma v = \beta \gamma v^2$. So viel Kraft nun nöthig ist, diese flüssige Menge fortzuschieben, so groß muß auch die Größe des Widerstandes seyn. Wenn also der Widerstand $= R$ gesetzt wird, so ergiebt sich $R = \beta \gamma v^2$. Hierbey ist aber vorausgesetzt worden, daß die

die in der flüssigen Materie fortbewegte ebene Fläche die folgenden flüssigen Theilchen in Ruhe angetroffen, und die angestoßenen völlig vernichtet habe. Weil aber dieses in der Wirklichkeit nicht statt finden kann, sondern vielmehr die fortbewegten Theilchen seitwärts ausweichen müssen, um der bewegten Fläche Platz zu machen, wodurch zugleich der Zustand der folgenden Theilchen des Fluidi eine Aenderung leidet, und sie daher schon in Bewegung kommen, ehe sie noch von der bewegten Fläche berührt werden, so muß dieses nothwendig verursachen, daß der Widerstand des Fluidi nicht so groß ausfalle, als ihn die vorige Rechnung giebt. Wenn demnach der Widerstand λmal so groß ist, als die vorige Rechnung bestimmt, so ist eigentlich $R = \lambda \beta \gamma v^2$, wo λ einen Bruch bedeutet.

Aus Newton's Versuchen schien zu folgen, daß $R = \frac{1}{2} \beta \gamma v^2$ d. h. $\lambda = \frac{1}{2}$ sey. Seine Versuche sind aber bey geringen Geschwindigkeiten angestellt. Nachher hat man freylich gefunden, daß bey schnellen Bewegungen der Widerstand weit größer ist.

Indessen folgerte Newton hieraus folgende Sätze:

1. Bey gleicher Fläche und gleicher Dichtigkeit des Mittels verhält sich die Stärke des Widerstandes wie das Quadrat der Geschwindigkeit. Dies Gesetz nennt man das Gesetz des Widerstandes, und es scheint für Bewegungen, welche nicht allzuschnell und allzulangsam erfolgen, allgemein bestätigt zu werden.

2. Bey gleicher Fläche und Geschwindigkeit verhält sich die Stärke des Widerstandes wie die Dichtigkeit des Mittels. Diesem Satze gab Newton

vor allen andern einen vorzüglichen Werth. Allein die Folge hat erwiesen, daß er ungleich zweifelhafter als der vorige ist.

3. Bey gleicher Geschwindigkeit in dem nämlichen Mittel verhält sich die Stärke des Widerstandes, wie die Oberfläche.

Wenn der bewegte feste Körper eine Fläche in einer ganz andern Lage oder Gestalt, als hier vorausgesetzt ist, der flüssigen Materie entgegensetzt, so ändert sich die Stärke des Widerstandes. Wie viel aber diese Aenderung betrage, das hat weder Newton noch nach ihm irgend einer gehörig ins Licht setzen können. Newton w) bewies, daß der Widerstand, welcher auf die erhabene Fläche einer Kugel ausgeübt wird, halb so groß sey, als derjenige, dem ihr größter Kreis bey gleicher Masse ausgesetzt wäre.

Um seine Theorie mit der Erfahrung zu vergleichen, ließ Newton x) durch Hawksbee im Jahre 1710. die unter dem Artikel Schwere, Gravitation, freyer Fall der Körper angeführten Versuche anstellen. Die daselbst bemerkten Zeiten verbesserte Newton etwas, und berechnete alsdann aus dem Gewichte der hohlen Glaskugeln, und aus der Dichtigkeit der Luft, welche er 860 mal leichter als das Wasser annahm, die Fallhöhen, welche den Zeiten bey Betrachtung des Widerstandes zukommen müßten. Die Resultate waren folgende:

Ge-

w) Princip. lib. II. prop. XXXIV.
x) Ibid. prop. XL. schol.

Gewicht der Kugeln	Durchmesser der Kugeln	Zeiten des Falles	Berechnete Höhen
510 Gran	5,1 Zoll	8 Sek. 12 Tert.	236 Fuß 11 Zoll
642 —	5,2 —	7 — 42 —	230 — 3 —
599 —	5,1 —	7 — 42 —	227 — 10 —
515 —	5,0 —	7 — 57 —	224 — 5 —
483 —	5,2 —	8 — 12 —	225 — 5 —
641 —	5,2 —	7 — 42 —	230 — 7 —

Da diese berechneten Höhen von 220 Fuß Höhe, wovon die Kugeln herabfielen, noch nicht 11 Fuß, und eine davon nur $4\frac{1}{2}$ Fuß abweichen, so stimmte die Theorie mit diesen Versuchen ziemlich genau überein. Noch genauer trafen die von Desaguliers im Jahre 1719 mit leichten Schweinsblasen angestellten, und ebenfalls oben angeführten Versuche mit der Theorie zusammen. Die Fallhöhe war 272 Fuß, und die Resultate zeigt folgende Tabelle:

Gewicht der Kugeln	Durchmesser der Kugeln	Zeiten des Falles	Berechnete Höhen
128 Gran	5,28 Zoll	19 Sekund.	271 Fuß 11 Zoll
156 —	5,19 —	17 —	272 — $10\frac{1}{2}$ —
$137\frac{1}{2}$ —	5,3 —	$18\frac{1}{2}$ —	272 — 7 —
$97\frac{1}{2}$ —	5,26 —	22 —	277 — 4 —
$99\frac{1}{2}$ —	5,0 —	$21\frac{1}{8}$ —	282 — 0 —

Die drey ersten von diesen berechneten Höhen weichen von der wahren Höhe noch nicht Einen Fuß ab. Daß der Widerstand der Luft hiebey beträchtlich ist, sieht man daraus, daß im leeren Raume die Körper in 8 Sekunden durch 1000, in 16 Sekunden durch 4000 Fuß gefallen seyn würden.

Andere Versuche, welche Newton zur Bestimmung des Widerstandes, der vom Wasser herrührt, anstellte, stimmten ebenfalls mit der Theorie ziemlich überein. Er bereitete sich Kugeln von Wachs mit eingeschlossenem Bley und ließ sie im Regenwasser 112 engl. Zoll tief hinabsinken. Seine Versuche gaben ihm folgende Resultate:

Gewicht der Kugeln in der Luft	Gewicht der Kugeln im Wasser	Zeit des Falles	Berechnete Höhen
$156\frac{1}{4}$ Gran	77 Gran	4 Sek.	112,08 Zoll
$76\frac{1}{3}$ —	$5\frac{1}{6}$ —	15 —	113,174 —

Er wiederholte die Versuche mit dergleichen Kugeln, maaß aber dabey die Zeit durch die Anzahl der Schwingungen eines Pendels, welches halbe Sekunden schwung. Seine Resultate waren diese:

Gewicht der Kugeln in der Luft	Gewicht der Kugeln im Wasser	Beobachtete Schwünge	Berechnete Schwünge	Fallhöhe
139 Gran	$6\frac{1}{2}$ Gran	50 bis 52	52	182 Zoll
$273\frac{1}{4}$ —	$140\frac{3}{4}$ —	12 — 13	$11\frac{1}{3}$	182 —
384 —	$119\frac{1}{2}$ —	$17\frac{3}{4}$ — 19	$15\frac{5}{9}$	$181\frac{1}{2}$ —
48 —	$3\frac{29}{32}$ —	$43\frac{1}{2}$ — 46	$46\frac{5}{9}$	$182\frac{1}{2}$ —
141 —	$4\frac{3}{8}$ —	61 — 65	$64\frac{1}{2}$	182 —

So gut aber auch alle diese Versuche mit der Theorie übereinzustimmen schienen, so erkannte doch schon Newton selbst, daß diese den Erfahrungen nicht allenthalben Genüge leiste. Er fand nämlich durch eine große Reihe von Versuchen mit dem Pendel [y]), daß bey sehr kleinen Schwingungen desselben alle Folgen des

y) Princip. prop. XXXI. schol.

des Satzes, daß der Widerstand dem Quadrate der Geschwindigkeit proportional sey, von der Erfahrung sich entfernten. Er ward überzeugt, daß der Widerstand wenigstens von zwey Ursachen herrühre, von welchen nur die eine jenem Gesetze, die andere aber einem andern folge, und daß diese letztere Ursache besonders bey langsamen Bewegungen sehr merklich wirke. Er sahe sich endlich in die Nothwendigkeit versetzt, über diesen zweyten Theil des Widerstandes die Untersuchung gänzlich abzubrechen.

Stoß der Körper.

Nachdem die Gesetze des Stoßes durch Wallis, Wren und Huygens entdeckt waren, suchten auch die Physiker sie durch Versuche zu bestätigen. Schon Wren hatte sich vor ihrer Bekanntmachung durch Versuche mit Pendeln davon überzeugt. Besonders aber beschäftigte sich Mariotte in Frankreich mit Versuchen dieser Art. Seine Versuche, durch welche er die Gesetze des Stoßes einer Prüfung unterwarf, erzählt er im ersten Theile seiner Abhandlung vom Stoße, und sie beweisen unläugbar die Richtigkeit der Gesetze [z]). Er bediente sich hiezu einer Maschine, welche von ihm den Nahmen der Maschine des Mariotte (Stoßmaschine) erhalten hat, und welche seitdem einen Theil der physikalischen Experimentalgeräthschaft ausmacht. Er war der erste, welcher die Geschwindigkeiten, die die Körper nach dem Stoße erhalten, durch die Fallhöhe bestimmte, indem ein jeder Körper, welcher auf einem vorgeschriebenen Wege frey herabgehen muß, an jeder Stelle

z) Traité de la percussion ou choc des corps. à Paris 1677. u. in d. Oeuvres de *Mariotte*. à la Haye 1740. T. I.

le desselben eine Geschwindigkeit erhält, welche derjenigen gleich ist, die der Höhe seines Falles bis an diese Stelle zugehört. Der Widerstand der Luft ist hiebey von keiner Beträchtlichkeit, besonders wenn dichte Körper, als z. B. Glaskugeln, Bleykugeln, Kugeln von Elfenbein u. s. f. von nicht allzugroßen Höhen herabfallen.

Nimmt man also an, zwey Kugeln (fig. 52.) p, q hiengen an Fäden cp und dq in einerley vertikalen Ebene so herab, daß sie sich in einem Punkte berührten, welcher mit ihren Mittelpunkten in einerley horizontalen Linie liegt, und es würde die eine Kugel q in der Vertikalfläche dqb bis b erhoben, und frey herabgelassen, so wird sie alsdann in q mit einer Geschwindigkeit ankommen, welche der Höhe eq zugehört. Auf eben diese Art würde auch p bis g erhoben im Rückfall in p mit einer Geschwindigkeit ankommen, welche der Höhe fp zugehört. Beyde Geschwindigkeiten verhalten sich zu einander, wie die Quadratwurzeln dieser Höhen. Es lassen sich also die Höhen mittelst eines auf dem Gestelle angebrachten Maasses so wählen, daß die dazu gehörigen Geschwindigkeiten jedes verlangte Verhältniß besitzen. Sind die Bogen, welche die Kugeln durchlaufen, klein, so verhalten sich die Quadratwurzeln ihrer Quersinus d. i. eq und fp, wie die Bogen selbst, oder man kann alsdann die Geschwindigkeiten durch die Bogen selbst messen. Man theilt also die Bogen in gleiche Theile, und erhebt die Kugel bis zu einem solchen Theil, dessen Zahl, z. B. 4, die Geschwindigkeit der Kugel ausdrückt, die sie an der untersten Stelle erhalten hat. Bey großen Bogen ist dies aber irrig.

Der Stoß erfolgt nun unten bey pq, und nach demselben gehen entweder beyde Kugeln nach der Rich-

tung

tung der stoßenden, oder die eine geht der Richtung der stoßenden entgegen, oder sie gehen beyde zurück. Der in Theile getheilte Bogen apb zeigt alsdann, wie weit sie wieder steigen, und die senkrechte Höhe dieses Steigens oder der Bogen giebt ein leichtes Mittel, die Geschwindigkeit nach dem Stoße mit der vor dem Stoße zu vergleichen. Die beyden Kreisbogen ap und qb müssen eigentlich von einander getrennt seyn; jener ist nämlich um c, und dieser um d beschrieben, und sie müssen bey pq so weit von einander abstehen, als die Summe der Halbmesser beyder Kugeln beträgt.

Umständlichere Beschreibungen von Stoßmaschinen mit dem dazu gehörigen Apparate sind nach Mariotte von s'Gravesande[a]) und Nollet[b]) beschrieben worden. In Deutschland besonders ist des leztern Einrichtung sehr in Gebrauch gekommen; wegen des großen Bogens ab aber erfordert sie einen ansehnlichen Raum.

Was den schiefen Stoß betrift, so hatte Wallis blos den einzigen Fall betrachtet, da ein elastischer Körper gegen ein fest stehendes Hinderniß unter einer schiefen Richtung anstößt. Nach der Zeit aber haben mehrere Mathematiker, als Hermann[c]), s'Gravesande[d]) u. andere, den schiefen Stoß der elastischen Körper auch bey andern Fällen untersucht, und s'Gravesande hat auch eine eigene Maschine angegeben, um die Gesetze des schiefen Stoßes durch Versuche daran zu zeigen. Sie lassen sich sehr leicht aus den Ge-

a) Physices elementa mathematica. T. I. cap. XXIII.
b) Leçons de physique. T. I. leç. 4. sect. 3.
c) Phoronomia. Lib. I. cap. VI. prop. XLIII.
d) Physices elementa. T. I. cap. XXVI.

Gesetzen des geraden und centralen Stoßes ableiten, wenn man dabey die längst bekannte Zerlegung der Bewegung zu Hülfe nimmt. Hiebey ist nun beständig vorausgesetzt worden, daß die senkrechten Geschwindigkeiten der Schwerpunkte in eben derselben geraden Linie liegen. Wenn nämlich (fig. 53.) bc und ea die Geschwindigkeiten beyder Schwerpunkte im ersten Augenblicke des Stoßes sind, und entweder alle beyde, oder nur eine dieser Richtungen die Berührungsebene fp unter einem beliebigen Winkel schneiden; so muß man diese Geschwindigkeiten in zwey andere zerlegen, wovon die eine auf pf senkrecht, und die andere damit parallel ist. Liegen nun diese senkrechten Geschwindigkeiten in ein und derselben geraden Linie, so ist dieser Stoß ebenfalls ein centraler Stoß. Liegen sie hingegen nicht in ein und derselben geraden Linie, so ist der Stoß ein eccentrischer. Von diesem letztern Stoße haben erst die Herrn Johann Bernoulli, Daniel Bernoulli und Euler Untersuchungen angestellt; von dem erstern aber haben vorerwähnte Mathematiker gehandelt. Stoßen also die beyden elastischen Kugeln c und a mit den Geschwindigkeiten und Richtungen bc und ea an einander, so erhellet aus der bekannten Zerlegung der Geschwindigkeiten, daß nur die senkrechten Geschwindigkeiten gc und ha in einander wirken. Mithin lassen sich die beyden Kugeln so betrachten, als stießen sie mit diesen Geschwindigkeiten gerade an einander; die nach dem Stoße erlangten Geschwindigkeiten setze man = cg und = am. Wären also beyde Kugeln einander gleich, so verwechseln sie nach dem Stoße ihre Geschwindigkeiten, wie aus den Gesetzen des geraden Stoßes bekannt ist, folglich wird am = cd, und und cg = ab. Da nun die Theile bd und eh aus

den

den vorigen Geschwindigkeiten ungeändert bleiben, so nehme man gf = bd, und ml = eh; und die Diagonalen cf und al der Parallelogramme gckf und amli werden die Geschwindigkeiten und Richtungen der Kugeln nach dem Stoße ausdrücken.

Gleichgewicht fester Körper.

So sehr auch das Lehrgebäude der Mathematik seit Cartesius erweitert ward, so war man doch noch nicht so glücklich gewesen, einen völlig scharfen Beweis für das erste Gesetz des Gleichgewichts am Hebel aufzufinden. Gegen den Beweis des Cartesius, welcher eigentlich darauf beruhet, daß es gleichen Aufwand der Kräfte erfordere, 1 Pfund 3 Fuß hoch und 3 Pfund in gleicher Zeit 1 Fuß hoch zu heben, konnte mit Recht eingewendet werden, daß das cartesianische Maas der bewegenden Kräfte für einen Grundsatz nicht Evidenz genug hat, und daß im Gleichgewichte, wo der Hebel still stehet, gar keine Geschwindigkeit betrachtet werden kann. Die Cartesianer antworteten zwar auf letzteres: es sey doch beym Gleichgewicht Kraft, oder Streben nach Bewegung mit einer gewissen Geschwindigkeit vorhanden, welche man in diesem Falle statt der wirklichen Geschwindigkeit setzen könne; allein dieser Einwurf wird doch immer noch dadurch gehoben, daß Cartesens Beweis die mathematische Strenge bey weitem noch nicht erreicht.

Daher suchte Newton [e]) das Gesetz des Gleichgewichts am Hebel aus der Lehre von der Zusammensetzung der Kräfte herzuleiten. Sein Beweis, daß sich an einem ungleicharmigen Hebel (fig. 54.) lok die

e) Princip. lib. I. axiom. f. leges motus. lex III. coroll. 2.

die beyden Gewichte a und p im Gleichgewichte verhalten, wenn sie sich verkehrt wie die Entfernungen ol und ok vom Ruhepunkte o verhalten, ist dieser. Man faßt ol mit einem Zirkel, und beschreibt einen Kreis, welcher die auf kl senkrechte Linie ka in dem Punkte d schneiden wird, so daß also od = ol ist. Nun ist aber klar, daß das Gewicht a auf die Umdrehung der Ebene dko um o gleich stark wirkt, es mag bey k oder bey d angebracht seyn. Ferner stelle die Linie da die Kraft a vor, so läßt sie sich in dc und ca zerlegen, wovon jenes auf do senkrecht, und dieses mit do parallel ist. Der Theil dc wirkt aber nur allein auf do, und der andere ca wird durch die Festigkeit des Punkts o aufgehoben, und da do = ol, so folgt, daß die wirkende Kraft nach der Richtung dc dem Gewichte p gleich seyn muß, wenn beyde im Gleichgewichte seyn sollen. Daher erhellet, daß alles in Ruhe sey, wenn sich a : p = da : dc verhält. Nun ist wegen Aehnlichkeit der Dreyecke dca und kdo, da : dc = od : ok, und od = ol, mithin fürs Gleichgewicht am geradlinichten Hebel lok, a : p = ol : ok. Diesen Beweis sahe man damaliger Zeit als den schärfsten unter allen an; es läßt sich aber dagegen nicht ohne Grund einwenden, daß man, um das Gesetz des geradlinichten Hebels zu erweisen, erst denselben in einen Winkelhebel lod, d. h. das einfachere in etwas zusammengesetzteres verwandeln muß, welches wider die Regel einer guten Methode streitet, und daß überdem die Lehre von der Zusammensetzung und Zerlegung der Kräfte, wenn man sie gehörig erweisen will, aus der Lehre vom Hebel abgeleitet werden muß.

Varignon[f]) nahm den von Simon Stevin entdeckten Satz, daß ein Körper von drey Kräften getrie-

f) Nouvelle mécanique ou statique. Paris 1725. 12.

trieben, welche sich wie drey mit ihnen parallele Seiten eines Dreyecks verhalten, ruhen müsse, als allgemeinen Grundsatz an, und leitete davon die ganze Lehre der Statik und Mechanik ab. Er betrachtete nämlich (fig. 55.) die Kräfte p und q oder m t und m v zusammen als eine einzige Kraft m c, welche durch den Ruhepunkt c gehet. Werden aber hiebey, wie in den gewöhnlichsten und einfachsten Fällen die Richtungen a p und b q unter sich parallel, so giebt es nun keinen Durchschnittspunkt m, ausser im Unendlichen, und auf solche Art entstehen wiederum die größten Schwierigkeiten gerade bey dem einfachsten Falle.

Die glücklichsten Untersuchungen in der Lehre vom Gleichgewichte am Hebel hat de la Hire [g]) gemacht. Er war von der Nothwendigkeit überzeugt, die Eigenschaften des Hebels auf einfachere Gründe zurückzubringen, als bisher geschehen war. Es ist in der That zu verwundern, daß kein einziger ihm gefolgt ist, bis endlich Kästner durch eigenes Nachdenken auf dieselben Gedanken kam, und sie auf die Zusammensetzung der Kräfte angewendet hat. Erst dieser fand, nachdem schon die ersten Bogen seiner angewandten Mathematik abgedruckt waren, daß de la Hire sich dieselben Vorstellungen von der Lehre des Hebels gemacht hatte.

De la Hire geht von dem einfachsten Fall aus, und leitet daraus durch richtige Schlüsse das Gesetz des Hebels ab. Wenn nämlich der geradlinichte Hebel (fig. 56.) a b in der Mitte unterstützt ist, und an beyden Enden a und b gleiche Gewichte p und q herab-

g) Traité de mécanique. à Paris 1695. 12.

abhangen, so müssen sich beyde Gewichte das Gleichgewicht halten, und der Hebel muß folglich ruhen. Diesen Satz nahm de la Hire als Grundsatz an, und er hat auch als solcher Evidenz genug. Hieraus folgerte er nun ganz richtig, daß die Unterlage bey c die Last 2p = 2q zu tragen habe, weil sonst nichts vorhanden ist, was beyde Gewichte p und q erhalten könnte. Wenn also statt der Unterlage eine Kraft = 2p aufwärts nach der vertikalen Richtung cd zöge, so würde ebenfalls alles im Gleichgewichte seyn.

Nähme man nun das Gewicht p in a hinweg, und befestigte den Punkt a so, daß er weder aufwärts noch unterwärts weichen könnte, so würde sich der doppelarmige Hebel ab in den einarmigen (fig. 57.) ab verwandeln, an welchem die Kraft nach der Richtung cd doppelt so groß als die in b angebrachte, b aber von dem Ruhepunkte a noch einmal so weit entfernt ist als c; mithin halten sich unter diesen Umständen die doppelte und die einfache Kraft das Gleichgewicht.

Wenn ferner dieser einarmige Hebel jenseits des befestigten Punkts a um das Stück (fig. 58.) ae verlängert würde, welches dem Stücke ac gleich wäre, so ist klar, das ein Gewicht q = 2p in e aufgehängt eben so stark unterwärts zieht, als eine Kraft in c = 2q nach der vertikalen Richtung cd aufwärts zöge. Nun hält aber die Kraft in c mit q, welches leztere noch einmal so weit vom Ruhepunkte a entfernt ist als c, das Gleichgewicht; mithin ist auch am doppelarmigen Hebel eab das Gewicht p = 2q mit q im Gleichgewichte, wenn q noch einmal so weit vom Ruhepunkte a entfernt ist als p.

Auf

Auf solche Art schließt de la Hire weiter fort, und erweiset, daß in beyden Arten des Hebels überhaupt das nfache Gewicht dem einfachen das Gleichgewicht hält, wenn das einfache vom Ruhepunkte nmal so weit entfernt ist, als das nfache, und daraus ergab sich das Gesetz des Gleichgewichts am Hebel: daß sich die Gewichte oder die angebrachten Kräfte verkehrt wie die Entfernungen vom Ruhepunkte verhalten müssen.

Das Reiben oder die Friktion.

Die Erfahrung, daß ein fester Körper Kraft erfordert, wenn er auf der Ebene eines andern festen Körpers fortgeschoben werden soll, und daß diese Kraft desto größer ist, je rauher die Flächen sind, mit welchen beyde Körper an einander anschließen, ist so allgemein, daß sie den ersten Beobachtern gar nicht entgehen konnte. Gewöhnlich nennt man diese Erscheinung das Reiben oder die Friktion, und stellt sich diese als einen Widerstand vor, den die angewandte Kraft zu überwinden hat, wenn ein Körper an den andern fortgeschoben werden soll. Von der Friktion hat man bis gegen das Ende des siebenzehnten Jahrhunderts ganz irrige Begriffe gehabt; denn man war ganz allgemein der Meynung, daß sich die Größe des Reibens blos nach der Größe der Fläche des fortbewegten Körpers richte. Selbst Amontons, welcher zuerst Versuche über die Friktion anstellte, glaubte dies, und verwunderte sich daher sehr, als er durch seine Versuche das Gegentheil fand [h]). Er befestigte nämlich an den Körper eine Schnur, führte sie über eine Rolle, das

h) Mémoir. de l' Academ. roy. des scienc. de Paris, an. 1699.

damit sie mit der reibenden Fläche parallel gieng, und hängte an das Gewicht derselben eine Wagschale. In diese legte er nach und nach so viele Gewichte, bis der Körper sich zu bewegen anfieng. Ehe nun diese Bewegung erfolgte, mußten diese Gewichte weniger, und da sie geschahe, mehr als die Friktion betragen. Diese Grenzen, zwischen welchen die Stärke der Friktion fiel, konnte er nun durch Nachlegen und Wegnehmen sehr kleiner Gewichte so nahe zusammenbringen, daß er die eine ohne merklichen Fehler für die Stärke der Friktion annehmen konnte. Auf diese Art fand nun Amontons, daß die Friktion ein Drittheil von dem ganzen Gewichte des Körpers betrage. Die Körper, die er hiezu gebrauchte, waren von Eisen, Bley, Kupfer und Holz, wovon eine dieser Materien über die andere, oder über ihres gleichen gieng. Diese seine Versuche lehrten ihn nun, daß sich die Friktion nicht nach der Größe der Fläche, sondern vielmehr nach dem Drucke richte. Denn es war die Friktion noch eben so groß, wenn er sein Parallelepipedum auf die schmälere Seitenfläche legte, oder wenn er es zerschnitt und beyde Hälften über einander legte, obgleich im letztern Falle die berührende Fläche nur halb so groß war, als wenn der Körper ganz blieb, und beyde Hälften neben einander lagen.

Leupold [i]) wiederholte Amontons Versuche mit hölzernen Bretern, und fand eben das, was Amontons gefunden hatte. Er versichert, daß die Friktion wirklich einerley bleibt, wenn zwey hölzerne Wellen gleiches Gewicht besitzen, aber von verschiedener Dicke wären, welches auch Leibnitz [k]) bezeugt.

Leonh.

i) Theatrum machin. generale cap. XVI. p. 217.

k) Miscellan. Berolinens. T. I. p. 307. sqq.

Leonh. Christ. Sturm [l]) machte zwar dagegen die Einwendung, daß ein und die nämliche Welle auf dünnen Zapfen leichter als auf stärkern läuft; allein Leupold erwiederte, daß bey der dickern Welle die reibende Fläche von der eigentlichen Bewegungsaxe weiter entfernt sey, als bey der dünnern Welle, und in so fern müsse auch das Moment der Friktion bey der dikkern Welle größer als bey der dünnern seyn. Hier sey aber die Rede von der absoluten Größe der Friktion, ohne daß ihr etwaniges Moment in Betrachtung komme.

Daß sich die Friktion nicht nach der Fläche richte, suchte de la Hire [m]) auf folgende Art begreiflich zu machen. Die Theile, welche die Oberflächen der Körper rauh machen, werden entweder, wenn sie biegsam und elastisch sind, sich biegen und niederlegen, oder, wenn sie hart sind, sich von einander los machen, daß der eine Körper etwas gehoben werden muß; oder diese rauhen Spitzen und Haken werden, indem der eine Körper auf den andern fortgehet, losgerissen. Im ersten Falle lassen sich die Spitzen als so viele kleine elastische Federn vorstellen, welche gekrümmt werden müssen, wenn ein Körper auf den andern fortgehen soll. Hier ist es nun einerley, ob ein Gewicht nur eine, oder zwey Federn zu überwinden hat, wofern die Federn gleiche Elasticität besitzen. Beyde Federn zusammen werden das Gewicht nur halb so stark krümmen, als die eine allein. Gesetzt also, daß in gleichen Theilen der Fläche eines Körpers eine gleiche Anzahl elastischer Spit-

l) Obſervat. circa frictionem molinarum, in Miſc. Berol. T. I. p. 249. ſqq.

m) Mémoir. de l' Acad. roy. des ſcienc. de Paris. an. 1699.

Spitzen anzutreffen sey; so wird eine andere Fläche, die darüber hingehen soll, und deren Gewicht immer einerley ist, einerley Widerstand finden, die Fläche mag größer oder kleiner seyn. Denn wenn sie eine grössere Menge Federn zu biegen hat, wird sie dieselben weniger biegen. Wird aber ihr Gewicht größer, so wird sie sie stärker biegen, und mehr Widerstand finden. Im andern Falle, wenn die Theile oder Spitzen, welche auf den Oberflächen der Körper in einander greifen, so hart sind, daß sie nicht brechen, oder sich niederbiegen, so muß nothwendig der eine Körper etwas gehoben werden. Alsdann ist es wieder einerley, wie groß oder klein die Fläche sey, und das Hinderniß der Bewegung wird allein vom größern Drucke vermehrt werden. Im dritten Falle endlich ist es augenscheinlich, daß sich die Stärke der Friktion nach dem Verhältnisse der Flächen richte.

Parent[n]) suchte sogar die Größe der Friktion aus theoretischen Gründen zu bestimmen. Er betrachtete die Erhabenheiten und Vertiefungen der Flächen als Halbkugeln von gleicher Größe, von welchen jede obere drey untere so berührt, daß alle viere mit ihren Mittelpunkten in den vier Spitzen eines Tetraeders liegen. Ferner nimmt er an, es ziehe eine Kraft die obere Kugel mit der auf ihr ruhenden Last nach einer wagrechten Richtung fort, und bestimmt durch eine Berechnung nach den Gesetzen der schiefen Ebene, wie sich die Kraft gegen die ganze Last der obern Halbkugel verhalten müsse, um sie im Gleichgewichte zu erhalten, wenn eine oder zwey von den untern Kugeln weggenommen würden. Er bestimmt diese Kraft gegen

n) Mémoir. de l' Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1704.

gen die Last im Verhältnisse der Linie, welche aus dem Schwerpunkte der Grundfläche des Tetraeders senkrecht auf die eine Seite dieser Grundfläche gezogen werden kann, zur Axe oder Höhe des Tetraeders. Vermöge der Theorie der regulären Körper ist dies Verhältniß $= 1 : \sqrt{8}$. Daraus schließt er, daß sich auch die Friktion zum Drucke an jeder Stelle wie $1 : \sqrt{8}$ verhalte. Dabey wird durch die veränderte Größe der Fläche nichts geändert. Zwar besitzen größere Flächen mehrere Stellen, allein der gleiche Druck wird auch an mehreren Stellen vertheilt, und er wird für jede Stelle desto geringer, je mehrere Stellen es sind. In diesem Verhältnisse wird nun auch die Friktion an jeder Stelle kleiner, daß also die Summe der ganzen Friktion eben dieselbe bleibt, wenn gleich die reibende Fläche vergrößert wird. Da nun das Verhältniß $1 : \sqrt{8}$ dem Verhältnisse 7 : 20 sehr nahe kommt, so nimmt Parent die Größe der Friktion $= \frac{7}{20}$ des Drucks an.

Der Herr von Leibnitz unterscheidet bey seiner Theorie des Reibens sehr richtig das Schieben (superincessus radens) vom Rollen oder Wälzen (superincessus volvens). Bey dem letztern heben sich die eingreifenden Theile der einen Fläche beynahe ohne allen Widerstand aus den Vertiefungen der andern Fläche aus, und dadurch entstehet eine weit geringere Friktion, als bey dem Schieben der Körper auf die Flächen. Darauf beruhet nun auch die Fortschaffung großer Lasten auf Walzen, Kugeln u. d. g. und die Einrichtung der Wagenräder, von welchen Leupold und Camus [o]) umständlich handeln.

Gleich-

o) Traité des forces mouvantes. Paris 1722. prop. 22.

Gleichgewicht und Bewegung tropfbar flüssiger Körper.

Nach Boyle wurde die Lehre vom Drucke und Gleichgewichte der flüssigen Körper unter sich vorzüglich von dem Franzosen Mariotte p) bearbeitet. Schon Simon Stevin hatte durch ein Paar Erfahrungen dargethan, daß Wasser in communicirenden Röhren nur alsdann ruhig stehen bleibt, wenn die Oberflächen desselben in beyden Schenkeln in einerley horizontalen Ebene sich befinden. Diesen Satz, welchen man gewöhnlich das Gesetz des Gleichgewichts flüssiger Materien nennt, suchte Mariotte zu beweisen. Seine Beweise sind kürzlich folgende:

1. Wenn die Schenkel senkrecht und gleich weit sind, und es wollte die gleichartige Flüssigkeit auf der einen Seite steigen, so müßte sie in gleicher Zeit auf der andern Seite eben so tief fallen, und die flüssige Materie würde folglich in beyden Schenkeln eine gleiche Größe der Bewegung haben, weil Geschwindigkeit und Masse einerley ist. Nun heben sich aber gleiche Größen der Bewegung auf, und man sieht also daraus, daß die Flüssigkeit den wagrechten Stand annehmen müsse, wenn die Schenkel gleich weit sind.

2. Sind die Schenkel ungleich weit, aber senkrecht, so nehme man an, der eine Schenkel hätte 4mal so viel Grundfläche als der andere, so wird in jenem die 4fache Masse in eben der Zeit in den einfachen Raum fallen müssen, in welcher in diesem die einfache Masse in den 4fachen Raum steigt; denn wenn

p) Traité du mouvement des eaux et des autres corps fluides. à Paris 1686. 8. u. in d. Oeuvres. à la Haye 1740. p. 356. sqq.

wenn es z. B. in dem weitern Schenkel um Einen Zoll fallen sollte, so müßte es in dem engern um 4 Zolle steigen, und zwar in einerley Zeit. Es sind also hier Massen und Geschwindigkeiten umgekehrt proportional, folglich haben sie gleiche Größe der Bewegung, und die gleichen Kräfte heben sich auf. Homogene Flüssigkeiten müssen also auch in ungleichen Schenkeln gleich hoch stehen, und sich einander das Gleichgewicht halten.

3. Wenn beyde Schenkel gleich weit sind, der eine aber gegen den Horizont geneigt und der andere auf diesem senkrecht ist, so wird sich in dem schiefliegenden Schenkel das absolute Gewicht der flüssigen Materie zu dem respektiven verhalten, wie die Länge des schiefliegenden Schenkels zu seiner Höhe. Wenn also die Flüssigkeit in dem schiefliegenden Schenkel um Einen Zoll herabsinkt, so wird sie auch in dem senkrecht stehenden nur um Einen Zoll steigen; folglich würde wiederum die flüssige Materie in beyden Schenkeln eine gleiche Größe der Bewegung haben, und sie muß daher den wagrechten Stand annehmen.

4. Auf eben diese Art läßt sich zeigen, daß auch in zweyen schiefliegenden Schenkeln von ungleichen Weiten die Flüssigkeit nur alsdann im Gleichgewicht seyn könne, wenn ihre Oberflächen in einerley horizontalen Ebene sich befinden.

Gegen diese Beweise hat man aber mit Recht eingewendet, daß sie auf das Kräftenmaas des Cartesius und auf die Theorie der schiefen Ebene sich gründe, welche nur für feste Körper erwiesen sind, und ohne große Sprünge in Schlüssen auf flüssige Materien,

rien, deren Druck sich ganz anders fortpflanzt, nicht angewendet werden können. Ausserdem setzen sie cylindrische durchaus gleich weite Röhren voraus, und würden nur mit großer Weitläuftigkeit und durch Zerlegung in Elemente auf Röhren von irregulärer Gestalt erweitert werden können. Daniel Bernoulli hat daher einen andern Beweis von diesem Satze gegeben, wie weiter unten angeführt werden soll.

Auch hatte schon Simon Stevin aus diesem Gesetze des Gleichgewichts flüssiger Materien die Folge hergeleitet, daß mit einer geringen Menge Wassers ein sehr großer Druck zuwege gebracht werden könne (Th. I. S. 82.). s' Gravesande[q]) und Wolf[r]) gründeten darauf ein Paar Einrichtungen, die unter dem Nahmen follis hydrostaticus und anatomischer Heber bekannt sind. s' Gravesandes follis hydrostaticus besteht aus zwey runden hölzernen Scheiben (fig. 59.) ab und cd, welche rund herum in einer gewissen Entfernung von einander mit Leder, wie bey einem Blasebalge, verbunden sind; in dem obern Deckel befindet sich ein Loch e, in welches eine enge Röhre ef luftdicht eingeschraubt werden kann. Hiernächst wird durch die Oefnung f Wasser hineingegossen, und auf den Deckel ab Gewichte gesetzt; das in der Röhre ef befindliche wenige Wasser wird den Deckel mit den darauf befindlichen Gewichten in die Höhe heben. Auf diese Art konnte s' Gravesande über 150 Pfund erheben.

Wolfs anatomischer Heber besteht aus einem blechernen Gefäße (fig. 60.) abdc, an dessen Seite eine

q) Physices element. mathem. lib. II. §. 729.

r) Nützliche Versuche rc. Th. I. Cap. 3. §. 58.

eine Röhre efg angelöthet ist. Das Gefäß hatte im Durchmesser 48 Linien, und die Röhre 11 Linien. Nachdem nun Wolf das Gefäß voll Wasser geschüttet hatte, spannte er über die Oefnung ab eine Blase oder andere häutige Theile des thierischen Körpers; hierauf ward die Blase ab mit 30 Pfund Gewicht beschwert, und als er die Röhre fg, welche von f angerechnet 250 Linien hoch war, voll Wasser gefüllt hatte, wurden die 30 Pfund wirklich gehoben. Wolf bediente sich dieses Instruments vorzüglich zum anatomischen Gebrauche, und nannte es daher den anatomischen Heber. Weil nämlich dadurch die häutigen Theile des thierischen Körpers mit großer Gewalt in Gestalt eines Kugelsegments ausgespannt wurden, so konnte er sie mittelst eines kleinen Einschnitts bequemer, als sonst, von einander trennen, und die Struktur der häutigen Theile sehr genau beobachten.

Die Lehre von der Bewegung der flüssigen Materien hatten zuerst Torricelli und der P. Mersenne mit einigem Glücke bearbeitet. Beyde behaupteten, daß sich die Geschwindigkeit, womit das Wasser aus der Oefnung eines Gefäßes abfließt, wie die Quadratwurzel seiner Höhe verhalte. Dagegen waren andere der Meynung, und glaubten sie durch Versuche bestätigt zu haben, daß sich diese Geschwindigkeit wie die Wasserhöhe selbst verhalte. Da aber auf die Gewißheit dieser Sache ungemein viel ankommt, so haben sich in diesem Zeitraume verschiedene die Mühe gegeben, hierüber sorgfältige Versuche anzustellen.

Mariotte fand durch seine ungemein zahlreichen Versuche des Torricelli Gesetz bestätigt. Einige

von

von seinen Erfahrungen sind diese [s]): die vertikal stehende Röhre (fig. 61.) ad war unten bey o aufwärts gekrümmt, und hatte bey g eine Oefnung von drey Pariser Linien im Durchmesser; oben um c war an der Röhre ein weites Gefäß angebracht, in welches etwa 20 Pinten Wasser giengen. Nun wurde die Oefnung bey g verschlossen, und die Röhre nebst dem Kasten so weit angefüllt, daß des Wassers Oberfläche im Kasten bc 13 Fuß über der Horizontalfläche durch die Oefnung gfde war; hiernächst ließ man das Wasser aus der Oefnung g herausspringen. Vorher hatte man in drey Gefäßen 14 Pinten abgemessen und veranstaltet, daß selbige nach und nach in den obern Kasten so gegossen wurden, daß das Wasser beständig bey b, einem Merkmale an des Gefäßes Seite, blieb; wenn beym Eingießen das Wasser etliche Linien tiefer sank, so goß man ein wenig geschwinder, daß es wieder eben so viel höher als das Merkmal stieg. In dem Augenblicke, da man das Wasser aus der Oefnung g herausspringen ließ, setzte man ein Sekundenpendel in Bewegung, und zählte von 1 an so lange fort, bis man mit dem Eingießen der 14 Pinten Wasser fertig geworden war. Dies erfolgte gerade zwischen 0 und 60 Sekunden. Um den Zweifel, ob das Wasser auch gleichförmig ausgegossen wäre, zu vermeiden, stellte Mariotte diesen Versuch auch so an: man goß 7 Pinten Wasser in das Gefäß, welche von einem Zeichen h bis an ein anderes l reichten, so daß bl = bh; hier ist klar, das alsdann in eben der Zeit, in welcher das Wasser von l bis h sank, gerade so viel herauslief, als wenn man es beständig bey b in der Höhe

s) Traité du mouvement des eaux et des autres fluides in den Oeuv. à la Haye 1740. p. 421. sqq.

Höhe von 13 Fuß erhalten hätte; denn wenn es in der Zeit, da es von l bis b sank, geschwinder lief, so lief es im Gegentheil die Zeit über langsamer, da es von b bis h sank. Auf solche Art stellte Mariotte mehrere Versuche bey verschiedenen Wasserhöhen über der Oefnung g an, und fand folgende Resultate:

Höhe des Wassers über der Oefnung von 3 Linien Durchm.	Menge des in 1 Minute auslauf. Wassers.
6 Fuß	$9\frac{1}{2}$ Pinten
9 —	$11\frac{2}{3}$ —
13 —	14 —
18 —	$16\frac{1}{2}$ —
25 —	$19\frac{1}{3}$ —
30 —	$21\frac{1}{3}$ —
40 —	24 —
52 —	28 —

Nahm er nun mit Torricelli den Satz an, daß sich die Geschwindigkeit des Abflusses wie die Quadratwurzel der Höhe verhalte, so konnte er nun auf diese Art schließen

$\sqrt{13} : \sqrt{25} = 14$ Pinten : gesucht. Zahl, oder
$13 : \sqrt{25 \cdot 13} = 14$ Pint. : gesucht. Zahl

und man findet 19,4 Pinten. Eben so

$\sqrt{13} : \sqrt{52} = 14$ Pint : gesucht. Zahl, oder
$13 : \sqrt{52 \cdot 13} = 14$ Pint : gesucht. Zahl,

und es ergiebt sich 28 Pinten u. s. f. also mit den Erfahrungen vollkommen übereinstimmend. Mariotte errinnert noch, daß er bey großen Höhen von 35 Fuß durch die Erfahrung etwa $\frac{1}{17}$ oder $\frac{1}{18}$ weniger gefunden

den habe, als die Rechnung ergäbe, und bey geringen Höhen von 6 bis 7 Fuß ein wenig mehr. Er leitet dies daher, daß sich das Wasser am Rande der Oeffnung mehr oder weniger reibt, auch in der Luft mehr oder weniger Widerstand findet; hält aber diese Unterschiede für so unbeträchtlich, daß man nach der gegebenen Regel rechnen könne.

Domenigo Guilielmini [t]) stellte folgenden Versuch an, welcher ebenfalls Torricelli's Satz bestätigt. Er nahm ein cylindrisches Gefäß 4 bononische Fuß oder 48 Zoll hoch und 2 Fuß weit. Die Höhe war in 16 gleiche Theile von 3 zu 3 Zoll getheilt; längst der Höhe waren über einander an den Theilungsstellen 16 gleiche runde Löcher, in denselben gleiche hölzerne Röhren, etwas über einen Zoll im Lichten, so viel möglich geglättet, jede Röhre war mit einer kupfernen Platte bedeckt, die in der Mitte ein rundes Loch hatte, dessen Durchmesser $\frac{1}{4}$ Zoll war, des Lochs Mittelpunkt fand sich genau in des Cylinders Axe. Man brauchte ein Pendel, das $28\frac{5}{7}$ bononische Zoll lang war, füllte das Gefäß, erhielt es während dem Herauslaufen immer voll, und wog das Wasser, das jedesmal in der Zeit von 15 Schlägen des Pendels herausgelaufen war. So liefen 123 bononische Unzen Wasser durch das unterste Loch, als über ihm 48 Zoll hoch Wasser stand. Hiernächst öffnete man das oberste Loch, welches vom Gefäße noch 3 Zoll über sich hatte, das Wasser lief dadurch heraus, und es blieben über dem untersten Loche noch 35 Zolle hoch Wasser stehen; da liefen aus dem untersten Loche 118 Unzen heraus. Das zweyte Loch von oben herunter, welches 6 Zoll vom Gefäße über sich hatte, geöf-

t) Mensura aquarum fluentium. Bonon. 1690. 4.

geöfnet, ließ über dem untersten Loche noch 42 Zoll hoch Wasser, und da liefen aus diesem untersten 116 Unzen. Auf diese Weise öfnete man immer mehr und mehr Löcher von oben herab, damit das Wasser über dem untersten auf immer geringere Höhen stehen blieb, bis man auf eine Wasserhöhe von 24 Zoll über dem untersten Loche kam. Da fiel es schwer, das Wasser, welches nur bis an die Hälfte des Gefäßes reichte, immer in einerley Höhe zu erhalten; man verschloß also das unterste Loch, füllte das Gefäß, und öfnete das Loch, das sich 24 Zoll unter des Wassers Oberfläche befand; aus ihm flossen 93 Unzen heraus; dies war mehr, als man erwarten konnte, wenn sich die Menge des herauslaufenden Wassers wie die Quadratwurzel der Wasserhöhe verhielt, und dies Verhältniß traf doch bey der Wassermenge zu, die aus dem untersten Loche geflossen war. Man urtheilte also, diese neue Oefnung müsse ein wenig weiter, als die untere seyn, und versicherte sich davon durch genaue Prüfung des Durchmessers. Man veränderte die Wasserhöhe über dieser zweyten Oefnung, verfuhr auf die vorhin beschriebene Art, und fand, daß sich die Menge des bey jeder andern Höhe herausgelaufenen Wassers zu 93 Unzen immer beynahe verhielt, wie die Quadratwurzel der Wasserhöhe zur Quadratwurzel von 24. Folgende Paar Fälle beweisen dies mit hinlänglicher Genauigkeit.

$$\sqrt{48} : \sqrt{33} = 123 \text{ Unzen} : \text{gesucht. Zahl, oder}$$
$$48 : \sqrt{33 . 48} = 123 \text{ Unz.} : \text{gesucht. Zahl}$$

und man findet 102 Unzen; **Guilielmini** fand durch Versuche 103 Unzen.

Ferner hat man

$\sqrt{24} : \sqrt{15} = 93$ Unzen : ges. Zahl, oder
$24 : \sqrt{15.24} = 93$ Unzen : ges. Zahl.

folglich diese Zahl = 74 Unzen. Setzte man aber also an

$\sqrt{48} : \sqrt{15} = 123$ Unzen : ges. Zahl,

so ergiebt sich 68,8, die Erfahrung aber gab 74; daraus erhellet, daß diese Oefnung größer als die vorige seyn mußte. Guilielmini fand überhaupt folgende Resultate:

Wasserhöhe über der Oefnung von 0,25 Zoll im Durchmesser	Beobachtete Wassermenge in Zeit von 15 Pendelschlägen	Berechnete Wassermenge
48 Zoll	123 Unzen	123 Unzen
45 —	118 —	119 —
42 —	116 —	115 —
39 —	110 —	111 —
36 —	106 —	106 —
33 —	103 —	102 —
30 —	97 —	97½ —
27 —	92 —	92 —
24 —	93 —	93 —
21 —	87 —	87 —
18 —	81½ —	80½ —
15 —	74 —	74 —
12 —	66 —	66 —
9 —	56 —	57 —
6 —	47½ —	46½ —
3 —	34 —	33 —

Die umständlichsten, zuverläßigsten und lehrreichsten Versuche, welche nicht allein Torricelli's Satz bestätigen, sondern auch zeigen, daß unter gewissen

wissen Umständen in einerley Zeit eine verschiedene Wassermenge aus gleicher Oefnung in gleicher Höhe abfließt, sind von dem Marchese Johann Poleni u) angestellt worden. Ich werde nur einige wenige anführen. Zur Anstellung seiner Versuche brauchte Poleni drey Gefäße; in dem Boden des ersten befanden sich drey Löcher, und man war im Stande aus selbigen in das andere oder mittlere Gefäß so viel Wasser zu leiten, als man wollte; auf solche Art konnte das Wasser in diesem mittleren Gefäße beständig auf einer bekannten Höhe über desselben Boden erhalten werden. Unweit des Bodens war in diesem Gefäße an der Seitenwand ein Loch, in welches man die kupfernen Röhrchen stecken konnte, die bey den Versuchen gebraucht werden sollten. Die ersten, deren man sich bediente, waren hohle abgekürzte gerade Kegel, deren größere Grundfläche an das Loch des Gefäßes so angebracht wurden, daß die Fläche des Randes auf den Horizont senkrecht stand. So ergoß sich also das Wasser aus der kleinern Grundfläche des abgekürzten geraden Kegels, und Poleni nahm zur Wasserhöhe die kürzeste Linie von dem Mittelpunkte der größern Grundfläche des abgekürzten Kegels bis an die Oberfläche des Wassers im mittleren Gefäße. Das dritte Gefäß endlich, in welches das Wasser aus dem zweyten Gefäße lief, hatte eine Größe von bekanntem Inhalte; das kleinste war ein abgekürzter Kegel, dessen Boden 4 Fuß 4 Zoll 4 Linien, die Mündung 3 Fuß 5 Zoll 8 Linien im Durchmesser hatte; die Höhe betrug 3 Fuß 5 Zoll 8 Lini-

u) De castellis. Flor. 1718. u. italiänisch unter dem Titel: delle Pescaje in der Nuova raccolta Vol. III.

Linien. Poleni berechnet daraus den Inhalt 73035 Cubikzoll. So viel hielt es Wasser.

Die Versuche wurden bey einer Pendeluhr angestellt, die man in den Augenblick in Bewegung setzte, wo das Wasser aus dem mittleren Gefäße zu laufen anfieng. Sobald aber das dritte Gefäß voll gelaufen war, hemmte man die Bewegung der Uhr, und verschloß die Oefnung des mittleren Gefäßes.

An das Loch des zweyten Gefäßes hatte Poleni verschiedene Kegelstücke, eine Röhre, eine durchlöcherte Platte, angebracht, und allemal die Zeit bemerkt, in welcher das dritte Gefäß gefüllet worden. Zuerst brauchte er 4 Kegelstücke, jedes 92 Linien lang, und der Durchmesser der kleinen Mündung, aus welcher das Wasser lief, war 26 Linien; ferner brauchte er ein cylindrisches Rohr 91 Linien lang, und 26 Linien weit; eine dünne Platte mit einem runden Loche im Durchmesser auch 26 Linien. In dem mittleren Gefäß war die Wasserhöhe beständig 256 Linien (1 Fuß 9 Zoll 4 Linien); das Wasser stand bis an den untersten Rand einer in der Seite des andern Gefäßes gemachten Oefnung. Seine Versuche lehrten ihn, daß die Zeit merklich verschieden sey, binnen welcher das dritte Gefäß bey einerley Wasserhöhe und bey einerley Oefnung entweder durch ein Loch oder durch eine Röhre mit Wasser angefüllt werde.

Wenn Poleni die Platte mit dem runden Loche von 26 Linien im Durchmesser gebrauchte, so füllte sich das dritte Gefäß, bey einer Wasserhöhe von 128 Linien in dem mittleren Gefäße, binnen 6 Minuten 37 Sekunden; bey einer Wasserhöhe von 542 Linien

aber

aber binnen 3 Minuten 12 Sekunden. Für beyde Versuche waren also

Wasserhöhe	128	542
Zeit	397	192

Setzt man nun des dritten Gefäßes Inhalt = v, so liefen bey diesen Versuchen in einer Sekunde $\frac{v}{397}$ und $\frac{v}{192}$ heraus, und es verhalten sich die Wassermengen, welche in gleicher Zeit ausliefen, wie diese beyden Quotienten, oder wie 192 : 397. Nun findet man $\frac{397}{192} = 2{,}067$ und $\sqrt{\frac{542}{128}} = 2{,}057$; also hat man sehr nahe $397 : 192 = \sqrt{542} : \sqrt{128}$.

Bey einem andern Versuche mit Röhren von gleichen Mündungen füllte sich das dritte Gefäß bey der Wasserhöhe von 128 Linien binnen 4 Minuten 25 Sekunden, und bey der Wasserhöhe von 542 Linien binnen 2 Minuten 10 Sekunden, folglich liefen in einer Sekunde $\frac{v}{265}$ und $\frac{v}{130}$ heraus, und es verhielten sich die Wassermengen wie 130 : 265. Nun hat man $\frac{265}{130} = 2{,}04$; also wiederum beynahe $265 : 130 = \sqrt{542} : \sqrt{128}$.

Auf solche Art findet man bey Vergleichungen anderer von Poleni angegebenen Versuche beynahe das Verhältniß der Quadratwurzeln der Höhen, nur ist zu bemerken, daß man solche Wassermengen mit ein-

einander vergleichen müsse, die entweder durch bloße Löcher oder durch einerley Röhren laufen.

Poleni erzählt noch andere Versuche in einem Briefe an Marinoni [v]). Er ließ nämlich bey der Wasserhöhe von 13 Pariser Fuß das Wasser durch eine Oefnung von 3 Linien im Durchmesser laufen, veränderte aber die Beschaffenheit der Oefnung, so daß er es bald durch eine dünne durchlöcherte Platte, bald durch eine Röhre laufen ließ. Dieser Einrichtung zu Folge fand er die ausgelaufene Wassermenge in einerley Zeit gar sehr verschieden. Die Verschiedenheit rührte von der größern und geringern Zusammenziehung des ausgießenden Wasserstrahls her, nachdem das Wasser entweder aus einer durchlöcherten Platte oder aus einer Röhre ausströmte.

Ueber die Zusammenziehung des Wasserstrahls, welcher sich aus einem im Boden oder zur Seite desselben befindlichen Loche ergießt, hat schon Newton Versuche in der zweyten Ausgabe seiner Principien angestellt [w]). Die Ursache dieser Zusammenziehung setzt er in der schiefen Bewegung der Wassertheilchen, welche an den Seiten des Gefäßes herabsinken, und aus der Oefnung in convergirenden Richtungen laufen, welches den Erfolg hat, daß der Wasserstrahl nahe vor der Oefnung sich zusammenziehet, so daß der Diameter seines Querschnitts gegen den Diameter der Oefnung

v) Epistola ad *Jo. Jac. Marinonium*, in qua agitur de solis defectu. a. 1724. Patavii observato, et de aliquibus experimentis pertinentibus ad aquas fluentes.

w) Princip. lib. II. prop. XXXVI. cas. I.

nung ohngefähr wie 5 : 6, oder sehr nahe wie $5\frac{1}{2}$: $6\frac{1}{2}$ sich verhalte. Er ließ nämlich das Wasser durch ein rundes Loch in einer sehr dünnen Platte nach horizontaler Richtung laufen, dessen Durchmesser $\frac{5}{8}$ Zoll groß war, und maaß aufs genaueste den Durchmesser vom kleinsten Querschnitte des Wasserstrahls. Diesen Durchmesser des zusammengezogenen Wasserstrahls fand er ohngefähr in der Entfernung eines halben Zolles von der Oefnung $\frac{21}{40}$ Zoll groß, also das Verhältniß des Durchmessers der Oefnung zum kleinsten Durchmesser des Wasserstrahls = 25 : 21; mithin das Verhältniß der Fläche der Oefnung zur Fläche des kleinsten Querschnitts des Wasserstrahls = $25^2 : 21^2$ = 1,41 : 1 beynahe wie $\sqrt{2}$: 1. Hieraus schloß nun Newton, daß zwar das Wasser durch die Oefnung selbst mit einer Geschwindigkeit laufe, die der halben Wasserhöhe zugehört, wie in der ersten Ausgabe angenommen war; durch den Querschnitt des zusammengezogenen Wasserstrahls aber mit einer Geschwindigkeit, die der ganzen Wasserhöhe zugehört, weil sich die Geschwindigkeiten verkehrt wie die Querschnitte verhalten.

Poleni hatte noch größere Aufmerksamkeit auf die Zusammenziehung des Wasserstrahls, als Newton, gerichtet, und gefunden, daß sie am beträchtlichsten ausfalle, wenn das Wasser durch ein Loch in einer sehr dünnen Platte läuft. Lief hingegen das Wasser durch eine kleine cylindrische Röhre, so schien die Zusammenziehung größtentheils wegzufallen. Hatte die Röhre eine konische Gestalt, so zog sich der Strahl ebenfalls zusammen. Daß übrigens aus einer Röhre, welche aus dem Gefäße herausgeht, mehr Wasser ausläuft, als durch ein Loch in einer dünnen Platte, und daß der Wasserstrahl, welcher sich würde zusammengezogen ha-

haben, wenn er gleich aus dem Loche des Gefäßes herausgesprungen wäre, sich nicht zusammenzieht, wenn er aus der Röhre ausströmt, wo doch die Oefnung eben so weit ist, als das Loch im Gefäße, das war um die Zeit, da Poleni seine Versuche anstellte, wie er glaubte, noch niemandem eingefallen. Poleni führt indessen selbst sehr bescheiden an, daß schon Mariotte etwas dergleichen bemerkt habe; allein Mariotte redet nicht von horizontalen, sondern von vertikalen Röhren x).

Die bisherigen Versuche bestätigen also das Gesetz des Torricelli, daß sich die Geschwindigkeit des herausfliessenden Wassers wie die Quadratwurzel der Wasserhöhe verhält. Uebrigens zeigte auch s' Gravesande y) durch ein Paar leichte Versuche, daß das Wasser wirklich mit derjenigen Geschwindigkeit, welche dies Gesetz ausdruckt, herausspringt. Es sey nämlich (fig. 62.) da ein Gefäß bis a mit Wasser angefüllt, c mitten in seiner Höhe ab, also $bc = ca$; in e und f befinden sich Oefnungen, jene so weit über c als diese darunter, daß $ce = cf = \gamma$. Springt nun das Wasser aus e bis g, so springt es aus f eben dahin. Mithin gehören die Geschwindigkeiten des Wassers in e und f den Höhen $\frac{ab^2}{4 \cdot eb}, \frac{ab^2}{4 \cdot bf}$; diese Höhen verhalten sich also wie $\frac{1}{be} : \frac{1}{bf} = bf : be = \frac{1}{2} ab - \gamma : \frac{1}{2} ab + \gamma = ae : af$; aber ae und af sind die Was-

x) Traité du mouvement des eaux. P. III. disc. II. in den Oeuvres p. 423.

y) Physices elementa mathem. ed. 2da. §. 822.

Wasserhöhen über e und f; nun verhalten sich die Geschwindigkeiten in e und f wie die Quadratwurzeln der ihnen zugehörigen Höhen des Falles, und folglich auch wie die Quadratwurzeln der Wasserhöhen.

Wenn der eine Schenkel in communicirenden Röhren abgeschnitten wird, so wie es die fig. 61. vorstellt, so würde aus dem Gesetze des Gleichgewichts flüssiger Materien folgen, daß das Wasser aus der Oefnung fg gerade so hoch herausspringen mußte, als es in den andern Schenkel ce stehet. Allein die Erfahrung lehrt, daß es wirklich nicht so hoch springt. Mariotte giebt als Ursache ausser dem Widerstande der Luft das Reiben der Wassertheilchen in der Oefnung fg an. Er war überhaupt der erste, welcher sich ausserordentliche Mühe gab, eine Regel zu finden, welche dienen könnte, den jedesmaligen Unterschied der Höhe des springenden Wassers von der Wasserhöhe zu finden. Er giebt folgende Regel, welche er theils durch theoretische Gründe, theils durch Versuche zu rechtfertigen sucht [z]).

Wenn A und a die Wasserhöhen, B und b aber die Höhen sind, welche die Wasserstrahlen erreichen, so ist $B^2 : b^2 = A - B : a - b$, vorausgesetzt, daß das Wasser durch gleiche Oefnungen springt.

Zum Beweise dieser Regel untersuchte Mariotte, wie sich die Bewegung eines Wassertheilchens vermindert

z) Traité du mouvement des eaux. P. IV. dis. I. in d. Oeuv. p. 437. sqq.

dern müßte, wenn es auf seinem Wege immer Luft vor sich wegstoßen muß. Allein seine Schlüsse sind keinesweges befriedigend. Zu seiner Zeit war aber auch die Theorie vom Widerstande der Mittel noch nicht entwickelt, um daraus eine solche Regel ableiten zu können. Indessen stimmt sie mit den Erfahrungen, welche Mariotte vielfältig angestellt hat, ziemlich überein.

Mariotte hat durch viele Versuche gefunden, daß bey der Höhe von 5 Fuß die Höhe des springenden Wasserstrahls um einen Zoll geringer sey, als 5 Fuß. Hieraus schließt er, daß man annehmen könne, es werde die Wasserhöhe von 5 Fuß 1 Zoll erfordert, wenn der Strahl 5 Fuß hoch steigen soll. Also wird nach der Proportion $A - B : a - b = B^2 : b^2$ bey einem noch Einmal so hohen Wasserstrahl von 10 Fuß der Unterschied der Wasserhöhe 4 Zoll betragen; eben dieser Unterschied wird 9 Zoll betragen, wenn der Wasserstrahl 3mal höher, also 15 Fuß hoch seyn soll u. s. f. Nach diesen Gründen berechnete Mariotte eine Tafel, welche in seinen Oeuvres p. 439. enthalten ist.

Aus dieser Proportion $B^2 : b^2 = A - B : a - b$ findet man $\frac{B^2}{A - B} = \frac{b^2}{a - b}$. Setzt man nun nach Mariotte's Versuche $B = 5$ Fuß $= 60$ Zoll, $A - B = 1$ Zoll, so erhält man $\frac{B^2}{A - B} = 3600 = \frac{b^2}{a - b}$ in Zollen ausgedruckt. Will man den Ausdruck in Fuße haben, so wird $\frac{B^2}{A - B} = \frac{5^2}{\frac{1}{12}} = 300 = \frac{b^2}{a - b}$; mithin $300\,a - 300\,b = b^2$, und es läßt sich daher Mariotte's Regel bequem auch so ausdrucken,

$a = b$

$a = b + \frac{b^2}{300}$, wo b die Höhe des Wasserstrahls, und a die dazu erforderliche Wasserhöhe bedeutet. Folgende Versuche, welche Mariotte mittheilt a), bestätigten diese Regel ziemlich genau.

Wasserhöhe	Durchmesser der Oefnung	Höhe des Strahls
24 Fuß 5 Zoll	6 Linien	22 Fuß 10 Zoll
	4 —	22 — 8½ —
	3 —	22 — 2 —
12⅓ Fuß	6 —	12 — — —
26 Fuß 1 Zoll	6 —	24 — 2 bis 3 Zoll
	10 —	23 — 9 —
	3 —	22 — — —
34 Fß. 11½ Zoll	6 —	31 — 8 bis 9 Zoll
	3 —	28 — — —
	4 —	30 — — —
	15 —	27 — — —

Bey allen diesen Versuchen war der Wasserbehälter al Einen Fuß und die Fallröhre ao drey Zoll im Durchmesser weit. Zugleich erkannte Mariotte aus diesen Versuchen, daß die Höhe des Strahls auch von der Größe der Oefnungen abhange. Aus weiten Oefnungen springt das Wasser höher, als aus engern, besonders wenn die Wasserhöhen beträchtlich von 30, 56, 60 Fuß und darüber sind. Mariotte b) sucht die Ursache davon darin, daß aus der größern Oefnung mehr Wasser auf einmal herausdringt, und meint, es

a) Traité du mouvement des eaux. p. 441. sqq.

b) Ibid. p. 432.

es müsse aus eben der Ursache höher steigen, aus welcher mit einerley Ladung eine Bleykugel weiter geht, als eben so viel Bley in Schrot zertheilt. Mariotte dachte freylich nicht daran, daß gleichviel Bley in Schrot getheilt dem Widerstande der Luft mehr Fläche darbietet, als in der Kugel, aber hier die Menge des ausspritzenden Wassers sich wie die Fläche der Oefnung verhält, mithin weniger Wasser mit seiner kleinern Fläche nach eben dem Verhältnisse in der Luft weniger Widerstand findet. Uebersteigen aber die Oefnungen eine gewisse Größe, so nimmt auch die Höhe des Wasserstrahls wieder ab. Es giebt also für jede Wasserhöhe ein gewisses Maas der Oefnung, wobey der Strahl am höchsten steigt, welches bey der Anwendung von Mariotte's Regel vorausgesetzt wird.

Daß der springende Wasserstrahl nicht die Höhe erreicht, welche das Wasser hat, leitet s' Gravesande ausser dem Widerstande der Luft und dem Reiben der Wassertheilchen in der Oefnung noch von folgenden Ursachen ab:

1. Der Zusammenhang der Wassertheilchen werde diejenigen, die herausspringen, etwas an diejenigen festhalten, von welchen sie sich losreissen müssen, und dadurch werde ihre Bewegung gehindert [c]).

2. Weil die vorhergehenden Theilchen des springenden Wasserstrahls immer mehr und mehr Geschwindigkeit verliehren, so werden sie von den nachfolgenden eingeholt und aus einander getrieben, so daß der Stral weiter,

c) Elementa physic. ed. 2da §. 796.

ter, mithin die Bewegung durch diese Wirkungen vermindert wird [d]).

3. Der obere Theil des Wasserstrahls, welcher seine Geschwindigkeit verlohren hat, und senkrecht wieder herabsinken will, muß von dem nachfolgenden Wasser getragen, und auf die Seite getrieben werden [e]).

Ueberdem fand auch s' Gravesande [f]) noch, daß das Wasser durch konisch geendete Aufsatzröhre, welche damals sehr Mode waren, nicht so hoch springt, als durch cylindrische, welche am obern Ende mit einer durchlöcherten Metallplatte geschlossen sind. Bey einer Wasserhöhe von 2 Fuß stieg der Stral durch die durchlöcherte Platte 2 Zoll höher und weit regelmäßiger als durch das konische Rohr. Diese Verschiedenheit schreibt er der stärkern Reibung der Wassertheilchen in der konischen Röhre zu.

Mehrere theoretische Untersuchungen über die Bewegung des Wassers, welche mit großen Schwierigkeiten verbunden sind, stellten in diesem Zeitraume vorzüglich Newton [g]), Varignon [h]) und Hermann [i]) an, größtentheils aber schränkten sie sich doch nur auf die Lehre vom Auslauf des Wassers aus Gefäßen, so wie von der Bewegung der Wellen und der Wasserwirbel ein.

Die

d) Elementa physic. ed. 2da §. 802.

e) Ibid.

f) Ibid.

g) Princip. lib. II. prop. XXXVI. sqq.

h) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. 1703.

i) Phoronomia s. de viribus et motibus corporum solidorum et fluidorum libri II. Amst. 1716. 4.

Die Bewegung des Wassers durch Wegnahme der Luft in luftdichten Röhren hatte zwar schon in dem Zeitraume des Cartesius ein großes Licht erhalten; allein ihre Theorie war noch äusserst mangelhaft. Erst Mariotte fieng an sie zu verbessern. Ob man gleich alle Erscheinungen, welche durch Wegnahme der Luft bey der Bewegung des Wassers sich ereignen, sehr richtig aus dem Drucke der Atmosphäre abgeleitet hatte, so bemerkten doch noch einige an den Hebern Begebenheiten, welche sehr unerwartet zu seyn schienen.

Es war noch gegen das Ende des siebenzehnten Jahrhunderts die Meynung allgemein, daß der eingetauchte Schenkel des Hebers kürzer als der ausgießende seyn müsse. Ein Bürger zu Stuttgard, Johann Jordan, machte aber die Bemerkung, daß auch ein Heber mit gleich langen Schenkeln aus jeder Oefnung Wasser gebe, wenn man die andere in ein Gefäß mit Wasser bringt. Der damalige herzogl. Leibmedicus Salomon Reisel machte im Jahre 1684 die erste Nachricht davon bekannt, und gab die Sache für etwas ganz besonders aus. Allein bald nachher beschrieb Dionysius Papinus [k]) einen solchen Heber, und Reisel [l]) selbst machte im Jahre 1690 die wahren Umstände bekannt. Man hat diesem Heber den Nahmen des würtenbergischen Hebers gegeben. Er machte damals sehr vieles Aufsehen, ob er gleich weiter nichts besonders hat. Es wird nämlich hiezu nichts weiter erfordert, als daß die Oefnung des äussern Schenkels niedriger liege, als die Oberfläche des Wassers im Gefäße stehet. Man machte damals

k) Philos. Transact. 1685. n. 167.

l) Sipho Wirtembergicus per majora experimenta firmatus. Stutgard. 1690. 4.

mals viele Versuche, das Wasser damit über 32 Fuß zu heben, welche freylich fruchtlos ausfallen mußten [m]).

Boyle hatte bereits durch einen Versuch erwiesen, daß der Heber in einer hinreichend verdünnten Luft zu fließen aufhöre. Diese Versuche wurden nach ihm häufig wiederholt, aber mit entgegengesetztem Erfolg. Man schloß etwas zu voreilig daraus, daß das Laufen des Hebers von einer ganz andern Ursache, als vom Drucke der Luft abhange. Allein Homberg [n]) bemerkte schon ganz richtig, daß das Fließen des Hebers im verdünnten Raume keinesweges die gemeine Erklärung des Hebers umstoße. Gewöhnlich waren die Heber, deren man sich bediente, klein und sehr enge, so daß sie, auch ohne Druck der Luft, wie Haarröhrchen wirkten, und überdem waren noch dazu die Luftpumpen, mit welchen man operirte, noch sehr unvollkommen, so daß der Erfolg nicht anders ausfallen konnte, als er in der That ausfiel. Selbst Wolf [o]), welcher sonst ganz richtig die Erscheinungen am Heber vom Drucke der Luft herleitet, verwunderte sich ausserordentlich, daß er es nicht dahin bringen konnte, den Heber unter der Glocke der Luftpumpe zum Stillstehen zu bringen. Er bediente sich hiezu Heber, deren Oefnungen im Lichten nur 1 Linie Durchmesser hatten. In der That ist es aber zu verwundern, daß eine geraume Zeit nach Wolf, da fast gar niemand mehr daran zweifelte, daß die Ursache des Fließens am Heber blos vom Drucke der Luft abhange, die Erklärung aus dem Drucke der Luft aufgegeben,

m) Acta erud. Lipſ. 1690. p. 142. ſqq.

n) Mémoir. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris. an. 1714.

o) Nützliche Versuche. Th. III. Cap. 9. §. 123.

geben, und die Erscheinungen aus einer ganz andern Ursache abgeleitet werden konnten. Ein Beyspiel, welches die folgende Geschichte aufführen und zugleich zeigen wird, auf welche irrige Folgen Versuche führen, welche nicht mit gehöriger Genauigkeit angestellt werden.

Eine vorzüglich schätzbare Sammlung von hydraulischen Maschinen veranstaltete in diesem Zeitraume Leupold [p]).

Erstes Kapitel.

Entdeckungen in der Lehre vom Gleichgewichte und der Bewegung der Luft.

Die wichtige Entdeckung von der Schwere und den übrigen mechanischen Eigenschaften der Luft ist bereits in dem Zeitraume des Carresius gemacht, und durch ungemein viele Versuche bestätigt worden. (Th. I. S. 401. u. f.). Es ist leicht zu begreifen, daß alle diese Versuche vielfältig wiederholt wurden, um die Entdeckung ausser allem Zweifel zu setzen. Die dadurch bestätigten Eigenschaften der Luft stellte Wolf im Jahre 1709 in eine wissenschaftliche Form zusammen, und gab sie unter dem Titel: Elementa aerometriae zu Leipzig heraus. Seitdem hat man diese Wissenschaft als einen besondern Theil der angewandten Mathematik betrachtet, und ihr nach und nach mehrere wichtige Erweiterungen und Zusätze beygefügt, wie

p) Theatrum machinarum hydraulicarum Tomi II. Leipz. 1724. u. 1725. fol.

wie die Folge der Geschichte der Physik an den gehörigen Stellen zeigen wird.

Schwere der Luft.

Zu denjenigen Versuchen, welche schon Otto von Guericke und Boyle zum Beweise des Drucks der Luft angestellt hatten, füge ich hier nur noch einen einzigen bey, welchen Mariotte q) gemacht hat. In einer gläsernen Bouteille (fig. 63.) wird unweit des Bodens eine runde Oefnung c ohngefähr 2 bis 3 Linien im Durchmesser gemacht. Durch die Mündung dieser Bouteille geht eine gläserne Röhre di, im Durchmesser etwa zwey Linien, luftdicht hinein, welches am besten mittelst eines Korkes, durch dessen Mitte die Röhre di hindurchgehet, erhalten werden kann. Hiernächst wird nun durch die Oefnung c die Bouteille ganz mit Wasser angefüllt. Wenn alsdann die Mündung i der Röhre di etwas tiefer, als die Oefnung c in der Bouteille, liegt, so tritt das Wasser in der Röhre di nicht höher, als bis in die wagrechte Ebene mit dem Loche c oder bis e, und aus der Oefnung c läuft kein Tropfen heraus. Liegt hingegen die Mündung i über der Oefnung c etwa in l, so läuft alles Wasser durch die Oefnung c aus der Bouteille heraus. Diese Erscheinung erklärt Mariotte ganz richtig aus der Schwere der Luft. Wenn nämlich die Oefnung i unter dem Loche c sich befindet, so muß nach hydrostatischen Gesetzen das Wasser nothwendig in die Röhre di bis e hineintreten; nun druckt aber die Atmosphäre nicht allein gegen die Oefnung c, sondern auch gegen e in der Röhre di, und beyde Drucke sind einander völ-

q) Traité du mouvement des eaux. Part. II. disc. I. in d. Oeuv. p. 363.

völlig gleich; überdem ist der Gegendruck gegen c und e, welcher von der Wassersäule ca herrührt, ebenfalls gleich, also kann das Wasser weder in der Röhre di weiter über e hinaufsteigen, noch aus der Oefnung c herauslaufen. Liegt aber die Oefnung i über c, etwa in l, so ist nun das Gleichgewicht aufgehoben, und das Wasser muß durch die Oefnung c abfließen. Von der Richtigkeit dieser Erklärung überzeugte sich Mariotte noch dadurch, daß er die ganze Vorrichtung unter die Glocke der Luftpumpe brachte. Sobald der innere Raum verdünnt wurde, und die Mündung i unter c war, fieng auch das Wasser aus der Oefnung c auszulaufen an.

Mehrere Versuche dieser Art, welche die Schwere der Luft beweisen, beschreibt Wolf [r]).

Auch haben den beschwerlichen Versuch mit dem Wasserbarometer Mariotte [s]) und Sturm [t]) angestellt. Ersterer ließ sich hiezu eine Vorrichtung vom Künstler Hubin verfertigen, um den Versuch vermittelst einer 40 Fuß hohen Glasröhre anzustellen. Er fand die Höhe der Wassersäule, welche mit dem Drucke der Atmosphäre das Gleichgewicht hielt, wenn er dazu ungekochtes Wasser gebrauchte, 29 Pariser Fuß, und, wenn das Wasser vorher gekocht war, 30 Paris. Fuß 8 Zoll, wofür er 32 Paris. Fuß annimmt. Sturm setzte sehr mühsam eine 36 Fuß hohe gläserne Röhre aus mehrern kürzern Stücken zusammen, bestrich

r) Nützliche Versuche. Th. I. Cap. 5.

s) Traité du mouvement. des eaux. P. II. dis. I. in d. Oeuv. p. 362.

t) Collegium exper. s. curiosum. Norimb. 1676. tentam. VII. p. 40.

strich die Fugen mit Wachs und Pech, füllte hiernächst die Röhre von oben mit Wasser an, und verschloß darauf die obere Oefnung mit einer Blase. Er fand dadurch die Höhe der Wassersäule 31 Rheinländ. Fuß. Es ist aber schon im Ersten Theile erinnert worden, daß hiebey Fehler unvermeidlich sind, und daß daher der Versuch genauer und richtiger mit Quecksilber, wie schon Torricelli gethan hatte, von statten gehet.

Die merkwürdige Erscheinung, welche Huygens zufälliger Weise wahrnahm, daß nämlich eine Quecksilbersäule von einigen 70 Zollen Höhe in der freyen Luft hangen blieb (Th. I. S. 418.), haben Mariotte und andere französische Gelehrte ebenfalls beobachtet. Mariotte[u]) ist der Meynung, daß das Quecksilber in seiner Mischung eine feine Materie, welche alle Eigenschaften der Luft besitzt, enthalte, und welche den Zusammenhang der Theile unter einander schwäche. Wenn aber diese feine Materie entweder unter der Glocke einer Luftpumpe oder sonst auf eine andere Art von dem Quecksilber abgesondert werde, so vergrößere sich der Zusammenhang der Quecksilbertheile unter einander. Werde also eine Röhre mit solchem Quecksilber gefüllt, so müsse dies nothwendig auf einer größern Höhe hangen bleiben, als sonst der Druck der Atmosphäre es in dieser Höhe erhalten könne. — Man sieht leicht, daß alles dies auf bloßer willkührlicher Hypothese beruhet, die sich auf gar keine Erfahrung gründet. —

Ge-

u) Essai de la nature de l'air in d. Oeuv. p. 171.

Gewicht der Luft.

Schon in Cartesens Zeitraume hatten verschiedene Naturforscher das Gewicht einer gewissen Luftmasse zu bestimmen gesucht; ihr Verfahren war aber noch sehr fehlerhaft. Selbst in diesem Zeitraume gab man noch nicht auf alle Umstände acht, welche nothwendig beabsichtigt werden müssen, wenn man genaue Resultate finden will.

Die richtigste Methode, das Gewicht einer Luftmasse zu finden, hatte Otto von Guericke angewendet (Th. I. S. 424.). Nach ihm bedienten sich Burkard de Volder v) und Wolf des nämlichen Verfahrens. Ersterer wog eine gläserne Kugel mit der darin befindlichen Luft ab, und fand das Gewicht 7 Pfund 1 Unze 2 Drachmen 48 Grän; hierauf machte er die Kugel luftleer, und fand ihr Gewicht 7 Pfund 1 Unze 1 Drachme 31 Grän, endlich mit Wasser angefüllt wog sie 16 Pfund 12 Unzen 7 Drachmen 14 Grän. Das Gewicht der Luft betrug also 1 Drachme 12 Grän, oder 77 Grän, und das Gewicht des Wassers 9 Pfund 11 Unzen 5 Drachmen 43 Grän oder 74743 Grän, mithin war das Verhältniß der specifischen Gewichte des Wassers und der Luft = $74743 : 77 = 970 \frac{53}{77} : 1$. Dieser Versuch gab also die Luft 970 mal leichter als das Wasser an.

Wolf w) gebrauchte bey seinem Versuche eine kupferne Kugel, welche im Durchmesser 132 Rheinl. Decimallinien, also im körperlichen Raume 1203708 Cubik-

v) Quaest. Academ. de aëris quantitate. thes. 52. p. 35. sqq.

w) Nützliche Versuche. Th. I. Cap. 5. §. 56.

Cubiklinien hielt. Luftleer wog sie 704 Grän weniger als sonst. Daher wiegen 1000000 Cubiklinien oder 1 Rheinl. Cubikfuß $\frac{704000000}{1203708}$ d. i. beynahe 585 Grän. Nach Wolfs Angabe wiegt 1 Cubikfuß Wasser 495000 Grän, und so fand er durch diesen Versuch die Luft $\frac{495000}{185}$ oder beynahe 846 mal leichter als das Wasser.

Im Jahre 1685. gab Jakob Bernoulli x) eine Methode an, das Gewicht einer gewissen Luftmasse durchs Abwägen des luftleeren Gefäßes im Wasser zu bestimmen, welcher sich nachher s' Gravesande bediente, und dadurch die specifischen Gewichte des Wassers und der Luft wie 798 : 1 fand.

Homberg y) bestimmte durch wiederholte Versuche, daß sich die specifischen Gewichte des Wassers und der Luft wie 800 : 1 verhalten. Hawksbée fand dies Verhältniß 885 : 1, und Halley 800 bis 860 : 1.

Barometer und Barometerveränderungen.

Da man sehr bald an dem Huygensschen Doppelbarometer (Th. I. S. 433.) Fehler bemerkte, so suchte es D. Hooke z) dadurch zu verbessern, daß er über den ersten Liquor, den die Röhre (fig. 64) fel enthielt, noch einen zweyten in Ansehung der Farbe von dem ersten verschiedenen Liquor aufzugießen anrieth, und an das Ende der Röhre noch ein gläsernes Be-

x) Acta erudit. Lipſ. 1685.

y) Mémoir. de l' Acad. 1693.

z) Philoſ. Tranſact. n. 185. Vol. XVI.

Behältniß g von eben der Größe und Weite, wie die beyden erstern sind, ansetzte, in welchem die Oberfläche des zweyten Liquors beym Steigen auf- und abstieg. Die Erfindung dieses Barometers eignen sich auch de la Hire [a]) und Amontons [b]) zu. Die Barometerveränderungen sollten durch den Punkt f, wo beyde Liquoren von einander getrennt sind, bemerkt werden. Durch diese Veränderung glaubten die Erfinder, daß das Reiben der Liquoren am Glase immer gleich stark erhalten werde, weil beyde Liquoren zusammen beständig einerley Höhe über c behalten; auch meinten sie, die Barometerveränderungen hierdurch ohne alle Grenzen vermehren zu können. In Ansehung des ersten Punkts wird das Reiben doch immer noch nicht vermieden, und das andere ist ein Irrthum. Eine leichte Rechnung zeigt bald, daß man sie nie über das $\frac{\mu}{v - \varrho}$fache treiben kann, wenn μ, v, ϱ die specifischen Gewichte des Quecksilbers, des untern und obern Liquors bedeuten. Wären die Liquoren nach de la Hire's Vorschlage Weinsteinöl und Weingeist, mithin μ, v, ϱ, 14, 1,073, 0,866; so kann man das Steigen und Fallen selbst bey unendlicher Verengerung der Röhre doch nicht über $\frac{14}{1{,}073 - 0{,}866}$ d. i. nicht völlig 70mal vergrößern. Ausserdem ist der Druck der Liquoren auf c ungleich, je nachdem der leichtere oder schwerere den größern Theil der Höhe ausfüllt; daher zeigen gleiche Veränderungen dieses In-

a) Mém. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1708.

b) Remarques et expériences physiques sur la construction d'une nouvelle clepsidre, sur les baromètres, thermomètres et hygromètres. 12. S. 145.

Instruments nicht gleiche Aenderungen des Drucks an. Auch kommt noch dazu, daß der Uebergang der färbenden Theilchen die Gränze der Liquoren verdunkelt, und die Wärme einen sehr verwickelten Einfluß darauf hat. Mit einem Worte, es findet hier die allgemeine Wahrheit statt, daß die zusammengesetztesten Werkzeuge gerade die schlechtesten sind.

Im Jahre 1710 legte Johann Bernoulli[c]) der Pariser Akademie ein Barometer vor, welches unter dem Nahmen des rechtwinklichten Barometers bekannt ist. Schon einige Jahre vorher hatte Dominicus Cassini dieses Barometer ausgedacht, aber nicht ausgeführt. Es besteht aus zwey engen Röhren (fig. 65) gd und de, welche bey d unter einem rechten Winkel an einander gefügt sind; an die eine Röhre oben bey g kommt noch ein cylindrisches Gefäß von $2\frac{1}{2}$ Zoll Höhe, in welchem das Quecksilber steigt und fällt. Weil die Röhre de eng seyn muß, indem sonst das Quecksilber aus einander laufen, und gar keine Säule bilden würde, so erhellet, daß beym geringen Steigen und Fallen bey c das untere bey b einen beträchtlichen Raum in der engen Röhre de durchlaufen müsse. Einer der größten Fehler an diesem Barometer ist der, daß beym Steigen des Quecksilbers in c das Quecksilber in der engen Röhre de nicht recht nachkommen kann, weil es in der horizontalen Lage auf der innern Wand derb aufliegt, und zu viel durch das Reiben leidet. So kann beym niedrigen Stande des gewöhnlichen Barometers das Quecksilber auf völlige 2 Linien steigen, da es in diesem

c) S. *Hermanni* phoronomia lib. II. prop. XVIII. schol. p. 177.

sem rechtwinklichten Barometer gar keine Bewegung zu erkennen giebt.

Auch war Amontons [d]) der Erfinder eines Barometers, welches größere Grade zeigt, als das gewöhnliche Torricellische. Es besteht dies blos aus einer konischen oder kegelförmigen Röhre (fig. 66.) ab, welche in der Spitze a zugeschmolzen, am andern weitern Ende aber offen ist; es heißt deßwegen auch das konische oder kegelförmige Barometer. Amontons hat es vorzüglich zum Gebrauch auf der See vorgeschlagen. Weil beym senkrechten Stande dieses Barometers das Quecksilber blos von der Luft getragen wird, so muß die Röhre so enge seyn, daß es aus der Röhre nicht auslaufen kann. Die eigentliche Länge dieser Röhre läßt sich nicht bestimmen, weil es blos darauf ankömmt, ob sie mehr oder weniger konisch zuläuft. Wenn nun der Druck der Luft in der Torricellischen Röhre eine Quecksilbersäule 28 Zoll hoch erhält, so muß es in dem konischen Barometer so tief herabfallen, bis es eine Höhe erreicht, mit welcher es dem Drucke der Luft das Gleichgewicht halten kann. Würde der Druck der Luft geringer, so muß auch das Quecksilber in diesem Barometer noch tiefer sinken, bis wiederum eine gewisse Höhe desselben dem Drucke der Luft das Gleichgewicht halten kann. Nimmt im Gegentheil der Druck der Luft zu, so treibt sie auch das Quecksilber bis zum Gleichgewichte in die Höhe. So sinnreich aber auch diese Einrichtung ist, so hat sie doch ebenfalls ihre Fehler.

Alle diese bisher angeführten Veränderungen gründeten sich auf den zwar schönen Gedanken, die gering-

d) a. a. O.

ringsten Veränderungen des Drucks der Atmosphäre bemerkbar zu machen; allein die Ausübung hat gelehrt, daß sie in der That weniger leisten, als die erste einfachste Erfindung des Torricelli. Daher auch diese gekünstelten Barometer weiter in keinem großen Gebrauch gekommen sind. Indessen war es nöthig, sie in der Geschichte kürzlich mit anzuführen.

Auch suchte man eine Veränderung am gewöhnlichen Torricellischen Barometer in Ansehung seiner Höhe zu machen. Da nämlich ein solches Barometer doch immer eine Höhe von 2½ Fuß erfordert, eine Höhe, welche etwas unbequem zu seyn schien, so suchte Amontons c) durch sein so genanntes abgekürztes Barometer dieser Unbequemlichkeit abzuhelfen. Es besteht dieses Barometer aus verschiedenen mit einander zusammengefügten Röhren, welche wechselsweise auf- und niedergebogen sind. Die erste Röhre (fig. 67.) ab ist mit Quecksilber gefüllt, an dieser befindet sich die andere bc, in welcher entweder bloße Luft oder eine andere flüssige Materie enthalten ist; diese ist wieder mit einer dritten Röhre cd verbunden, welche Quecksilber enthält u. s. f. Dadurch bringen zwey Quecksilbersäulen und eine Luftsäule das Quecksilber auf 14 Zoll, vier Quecksilbersäulen und drey Luftsäulen bringen es auf 7 Zoll Höhe u. s. w. Die Luftsäulen haben eigentlich nur den Zweck, den von der ersten Quecksilbersäule entstandenen Druck auf die andere und folgende fortzupflanzen, mithin druckt auf d die Summe aller Quecksilbersäulen von unten herauf. Die Barometerveränderungen bey einem solchen verkürz-

c) Ancienne histoire de l'Acad. des scienc. T. II. p. 39.

kürzten Barometer werden jedoch desto geringer, je größer die Anzahl der Quecksilbersäulen ist. Um nun diese Verminderung aufzuheben, gab Amontons diesem Barometer die Natur eines doppelten Barometers, indem er einen Liquor über die letzte Oberfläche d des Quecksilbers setzte, welcher in einer engen Röhre e f aufstieg. An jeder obern Krümmung muß noch eine kleine Röhre g seyn, durch welche man das Quecksilber in die Röhre bringen kann, und welche nach dem Einfüllen wieder verschlossen wird. Die Einrichtung dieses Werkzeugs ist zwar an sich sinnreich, allein es ist doch unmöglich, demselben in der Ausübung den erforderlichen Grad der Regelmäßigkeit zu geben, weil die Einwirkung der Wärme darauf ungemein verwickelt ist, und wegen der vielen Krümmungen die Liquoren in ihrer Bewegung aufgehalten werden.

Auch gab noch Amontons [f]) ein Meerbarometer an, welches schon von Halley [g]) im Jahre 1700 als eine Erfindung des D. Hooke beschrieben ist. Dieses Barometer ist nichts anders, als Amontons Luftthermometer, welches zugleich als Barometer wirkt, und von welchem weiter unten gehandelt werden wird. Da die Erfinder selbst erkannten, daß die Wärme einen sehr großen Einfluß auf dieses Werkzeug habe, und es daher ungewiß blieb, ob die Veränderung dem Drucke der Atmosphäre oder der veränderten Wärme zuzuschreiben sey, so schlugen sie vor, ein gewöhnliches Thermometer darneben zu beobachten, um auf solche Art zu sehen, welcher Theil der Veränderungen von der Wärme herrühre; das übrige müßte

f) Mém. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1705.
g) Philosoph. Transact. n. 269.

te alsdann dem Drucke der Luft zugeschrieben werden. Weil der Liquor in diesem Werkzeuge nicht schwankt, so glaubten sie, daß es vorzüglich auf der See sehr nützlich sey.

Uebrigens fällt noch in diesen Zeitraum eine Bemerkung, welche im Jahre 1705 gemacht wurde, und auf welche man bisher keine Aufmerksamkeit gerichtet hatte. Es besaß nämlich der damalige Kanzler zu Paris Pontchartrain ein einfaches Barometer, welches beständig um 18 bis 19 Linien tiefer, als andere Barometer, stand, obgleich die letztern von den nämlichen Glasröhren verfertigt, mit demselben Quecksilber gefüllt waren, und an einerley Orte gehangen hatten. Man hatte zwar schon einige Zeit vorher auf der Sternwarte zu Paris an zweyen einfachen völlig gleichen Barometern eine jedoch sehr geringe Abweichung in Ansehung ihrer Höhen bemerkt, die man aber ausser Acht gelassen hatte, indem man der Meynung gewesen war, sie rühre von unvermeidlichen Fehlern bey Verfertigung der Barometer her. Allein jener Unterschied war zu merklich, um ihn der Aufmerksamkeit entgehen zu lassen. Nach einer genauen Prüfung fand man den Torricellischen Raum vollkommen leer, daß man also gar nicht vermuthen konnte, etwas darin befindliche Luft erniedrige das Quecksilber. Dies Barometer veranlaßte dem Herrn Amontons, diese Sache etwas näher zu untersuchen; noch in demselben Jahre stellte er mehrere Beobachtungen mit verschiedenen Barometern an. Zu dem Ende ließ er sich von demselben Künstler, welcher des Kanzlers Barometer verfertigt hatte, vier andere machen, zwey von einerley Glase, und die beyden andern von verschiedenen andern Glassorten. Diese vier Barometer brachte er

mit noch zwey andern, welche er beständig zum Beobachten gebrauchte, an ein und demselben Ort, und nahm wahr, daß alle sechs Barometer nicht einerley Höhe zeigten; die größte Verschiedenheit betrug 10 Linien. Das besondere aber, das er dabey beobachtete, war dies, daß dieser Unterschied nicht zu allen Zeiten gleich war. So fand er an einem Morgen diese Verschiedenheit auf 18 Linien, nach Mittag über 19 Linien, und Abends zwischen 8 und 9 Uhr nur 9 Linien. Diese große Differenz war ihm auffallend, und er glaubte keine andere Ursache auffinden zu können, als diese, daß es in den gläsernen Röhren unendlich verschiedene Poren geben müsse, durch welche ein Theil Luft in den Torricellischen Raum dringe [h]). Amontons starb noch in diesem Jahre, und so blieb vorjeẓt die ganze Sache liegen. Indessen ertheilte die Akademie im folgenden Jahre 1706 dem Herrn Maraldi den Auftrag, Versuche anzustellen, woraus man die etwanige Ursache herleiten könne, warum des Kanzlers Barometer um 18 bis 19 Linien tiefer stehe, als andere Barometer. Es hatte aber bereits Homberg bekannt gemacht, daß er diese Barometerröhre noch vor dem Füllen mit Quecksilber mit Weingeist abgewaschen habe, und es ihm daher sehr wahrscheinlich sey, daß einige Tropfen in den Torricellischen Raum gekommen seyn möchten, die sich in Dampf aufgelöset hätten, welcher vermöge seiner Elasticität das Quecksilber herabdrucke. Daher schränkte sich auch Maraldi nur auf Versuche mit Weingeist ein, welche Hombergs Meynung zu bestätigen schienen [i]). Diese Versuche lehrten also doch wenigstens, daß

h) Mém. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1705.

i) Histoire de l'Acad. de Paris. an. 1706.

daß man bey Verfertigung der Barometer alle Feuchtigkeit zu entfernen habe. An das Auskochen des Quecksilbers im Barometer dachte man damals noch nicht. Fast 40 Jahre darnach entdeckte man erst, daß blos durchs Kochen des Quecksilbers Barometer erhalten werden können, welche gleichviel steigen und fallen.

Daß die Wärme das Quecksilber im Barometer ausdehne, es dadurch specifisch leichter mache, und folglich bey größerer Wärme die Barometerhöhe größer seyn müsse, wenn gleich der Druck der Atmosphäre einerley bleibt, bemerkte ebenfalls Amontons [k]). Er hatte nämlich durch Erfahrung gefunden, daß das Volumen des Quecksilbers von der größten Kälte bis zur größten Hitze in Paris sich um $\frac{1}{115}$ vermehre. Amontons erkannte hieraus sehr wohl, daß die beobachtete Barometerhöhe wegen des Einflusses der Wärme eine Correction erfordere, wenn man beym Gebrauche des Barometers, besonders bey Höhenmessungen, richtige Resultate haben wolle. Die größte Barometerhöhe in Paris schätzte er auf 28 Zolle 4 Linien. Nähme man nun, sagt er, an, daß bey der größten Kälte dieser Druck der Atmosphäre bis zur größten Wärme sich nicht ändere, so müßte nun nothwendig die Quecksilbersäule von 28 Zollen 4 Linien Höhe um den 115ten Theil derselben d. i. ohngefähr um drey Linien größer geworden seyn, welches schon etwas beträchtliches ausmache, indem einer Linie von der veränderten Barometerhöhe bey Messung der Höhen der Berge mehrere Toisen zugehörten. Aus dieser seiner Regel berechnete er eine Tabelle, welche zeigte, wie viel man bey jedem Wärmegrade seines Luftther-

k) Mém. de l'Acad. de Paris. an. 1704.

thermometers der beobachteten Barometerhöhe beyfügen, oder von derselben wegnehmen müsse, um die richtige Barometerhöhe, die eigentlich vom Drucke der Luft abhängt, zu erhalten. — Obgleich Amontons Angaben von der größten Genauigkeit noch weit entfernt sind, so ist er doch der erste gewesen, welcher auf diesen ungemein wichtigen Gegenstand aufmerksam war, ob man gleich erst eine geraume Zeit nach ihm diese Sache einer genauern Untersuchung unterwarf.

Von der zufälligen Entdeckung des Leuchtens im Barometer, die ebenfalls in diesem Zeitraume gemacht ward, soll weiter unten geredet werden.

Zur Erklärung der Barometerveränderungen sind in diesem Zeitraume verschiedene Hypothesen aufgestellt worden.

Mariotte[l]) leitet die Barometerveränderungen aus der verschiedenen Neigung der Winde gegen die Erdfläche her, und beruft sich auf Beobachtungen, welche er theils zu Paris, theils zu Loches, Mont de Morsan, Dijon u. s. angestellt hatte.

Wenn der Wind einige Tage lang aus Süden oder Südwesten gewehet hat, und es entstehet ein Nord- oder Nordostwind, so steigt das Quecksilber auf 7 bis 8 Linien höher; es zeigt eine Barometerhöhe von 28 Zoll und darüber, und wird gewöhnlich sehr heitere Witterung. Entstehet hingegen nach einem Ost- oder Ost-Nordostwinde ein Süd- oder Südwestwind, so sinkt das Quecksilber bis auf 27 Zoll 4 Linien und bisweilen auf 27 Zoll oder 26 Zoll 10 Linien, und es fällt

l) Essai de la nature de l'air in den Oeuv. p. 160. sqq.

fällt alsdann ordentlicher Weise Regenwetter ein. Manchmal geschieht es auch, daß der Süd- und Südwestwind, welcher die Wolken gegen Norden und Nordosten geführt hat, sich in den gerade entgegengesetzten Nord- oder Nordostwind verwandelt; alsdann bringen diese Winde die Wolken wieder zurück, welche sich verdichten, und einen anhaltenden Regen von ein Paar Tagen verursachen.

Hören die Nord- und Nordostwinde zu wehen auf, so folgt ihnen ein Ostwind, und hierauf ein Süd- und Südwestwind.

Dies sind nun die Beobachtungen, aus welchen Mariotte die Barometerveränderungen auf folgende Art herleitet: die Nord- und Nordostwinde verursachen gemeiniglich das Steigen des Quecksilbers im Barometer, nicht allein, weil sie die Luft verdichten und dadurch schwerer machen, sondern auch weil sie von oben herab gegen die Erdfläche wehen, daselbst die Luft verdichten, und ihre Elasticität vermehren. Da nun gewöhnlich der Nordostwind in Frankreich heitere Witterung verursacht, so urtheilt man beym Steigen des Quecksilbers, daß gut Wetter erfolgen werde.

Die Voraussetzung, daß der Nordwind von oben herab blase, gründet Mariotte auf folgenden Versuch: er hieng an einem Faden eine Bleykugel von ohngefähr drey Zollen im Durchmesser auf, so daß sie in einem Gefäße unterm Wasser sich befand, und brachte sie in eine schnelle drehende Bewegung; alsdann erhoben sich vom Boden des Gefäßes die daselbst befindlichen Unreinigkeiten gegen die Kugel, wenn sie näm-

nämlich von dem Boden 3 oder 4 Zoll entfernt war; zugleich kam auch das Wasser zunächst der Kugel in eine umdrehende Bewegung.

Die Nordost- und Ost-Nordostwinde bringen in Frankreich aus drey Ursachen heitere Witterung mit sich, 1. weil sie von China an bis Frankreich über keine Meere gehen; 2. weil sie von oben herabwehen, und verhindern, daß die wenigen Dünste, welche aus der Erde kommen, nicht in die Atmosphäre steigen können, und 3. weil sie die Luft verdichten und verursachen, daß die aufgestiegenen Dünste nicht so leicht auf die untern herabfallen können, um sich mit ihnen zu vereinigen und Regen zu bilden.

Der Ostwind verursacht besonders im Winter Nebel, welches andere Winde selbst thun. Die Ursach davon liegt darin, weil der Ostwind nicht aus einer Bewegung der Luft entsteht, welche die Dünste in der Höhe zerstreuen, oder gegen die Erde zurücktreiben könnte, sondern weil er blos von der Bewegung der Oberfläche der Erde gegen eine nicht so geschwind bewegte Luft herrührt. Daher bleiben die Dünste, welche sich über der Erdfläche ausbreiten, beständig auf einerley Höhe.

Der Süd- und Südwestwind, welcher von weit entlegenen Orten herkommt, wehet nach der Richtung der Tangente der Erdfläche, erhebt die obere Luft, und vermindert daher die Elasticität der untern, welches verursacht, daß das Quecksilber im Barometer fällt. Man kann alsdann Regenwetter ahnen, besonders wenn sich der Westwind unmittelbar in Süd- oder Südwestwind verwandelt hat. Wenn er aber aus Ost-

Ost-Nordost in Nord- oder Nord-Nordost übergeht, so ist dies ein Zeichen einer anhaltenden guten Witterung, wenn gleich das Quecksilber ein wenig herabfallen sollte.

Ueberhaupt giebt es zwey Hauptursachen, warum das Fallen des Quecksilbers im Barometer Regen anzeigt; die erste ist, wenn die Luft leichter und weniger gepreßt ist, mithin in einem solchen Zustande sich befindet, daß sie die Dünste nicht mehr halten kann; alsdenn fallen die obern auf die untern herab, verbinden sich mit diesen, und bilden dichte Wolken, welche sich in Regen auflösen; die zweyte Ursache ist, weil die Süd- und Südwestwinde, welche alsdann gewöhnlich wehen, über die See gehen, und folglich sehr viele Dünste mitbringen.

Herrscht der Nord- oder Nordostwind eine lange Zeit, so fällt das Barometer nach und nach, und der Himmel wird etwas trübe, weil dieser Wind einige Dünste mit sich führt; in diesem Falle wird nämlich die zu stark gepreßte Luft gegen Südwesten hingetrieben, wodurch folglich ihre Elasticität geschwächt wird.

D. Garden[m]) behauptete, daß das Aufsteigen der Dünste mit dem Steigen des Barometers, und das Herabfallen der Dünste mit dem Fallen des Barometers von dem vermehrten und verminderten Drucke der Luft herrühre. Dabey nahm er an, daß sich in der Luft noch eine feinere und mehr elastische Materie befinde, welche den Zusammenhang der Körper bewirke, und durch ihre mannigfaltige Verbindung mit der Luft die Veränderungen des specifischen Gewichts derselben

m) Philosoph. Transact. n. 171.

selben verursache. Ueberdem meinte er, daß sich noch andere flüssige Materien in der Luft aufhalten könnten, welche sich mit der Luft auf gar verschiedene Art verbänden, und dadurch eine Mischung von größerm eigenthümlichen Gewichte, als die reine Luft, bewirken könnten. Auch schreibt noch Garden der Wärme, als einer mitwirkenden Ursache, die Barometerveränderungen zu, indem er behauptet, daß die verschiedenen Grade derselben die Elasticität der Luft vermehren und vermindern, und daß die mehr elastische Luft weniger auf die Grundfläche drucke, weil sie ein geringeres specifisches Gewicht besitze.

D. Wallis, der schon ein Paar Hypothesen über die Ursache der Barometerveränderungen aufgestellt hatte (Th. I. S. 437.), suchte im Jahre 1685 [n]) Garden's Meynung von dem Aufsteigen der Dünste in der feinern Luft zu widerlegen. In dieser Abhandlung nahm er nunmehr an, daß die Wärme gar keinen Einfluß auf den Druck der Luft habe, indem die Luftsäulen immer einerley Menge von Materie enthielten, und jede elastischer gewordene Schicht blos die in ihr enthaltenen Dünste leichter trage. Daß sich aber die wärmsten Luftsäulen am meisten erheben, und sich über die angrenzenden ergießen, um die Luftschichten mit dem Horizonte parallel zu erhalten, suchte er dadurch begreiflich zu machen, daß er behauptete, die Luft brauche zur Ausdehnung eine Zeit, während welcher sie durch Vermehrung ihrer Elasticität geschickter gemacht würde, die in ihr schwebenden Dünste zu erhalten. Obgleich die Dünste schwerer als die Luft wären, so könnten sie doch durch die Bewegung der Luft in die Atmosphäre erhoben werden, fast eben so, wie

n) Philosoph. Transact. n. 171.

wie sich der Staub bey entstehendem Winde erhebt; sobald aber die Atmosphäre ruhig wäre, oder die Dünste sich so angehäuft hätten, daß die Atmosphäre sie nicht mehr tragen könnte, so fielen sie wieder herab. Weil es aber auch im Winter oft regne, so meint er, müsse man die Veränderungen nicht sowohl aus dem verminderten Drucke der Luft herleiten, sondern die Ursache derselben vielmehr im Quecksilber selbst suchen. Es dehne sich nämlich die im Quecksilber enthaltene Luft und Feuchtigkeit im Sommer aus, und treibe es im Barometer höher, ohne daß sich der Druck der Atmosphäre ändere; im Winter erfolge das Gegentheil; wenn aber die Feuchtigkeit gefriere, dehne sich das Quecksilber wieder aus.

Lister [o]) glaubte, man müsse überhaupt die Barometerveränderungen im Quecksilber selbst suchen. Es ziehe sich nämlich das Quecksilber beym Fallen sehr stark zusammen, wodurch mehrere Lufttheilchen aus dem Quecksilber in den obern Theil der Röhre gehen, welches die Menge der Luft, mithin ihre Elasticität vermehre. Dadurch würde nun das Quecksilber, das sich selbst zusammenzieht, auch durch eine äussere Kraft niedergedruckt. Wenn hingegen das Quecksilber steige, welches sowohl bey der Wärme als Kälte geschehen könne, so käme es in seinen natürlichen Zustand, und wäre frey und ausgedehnt, wie es seyn sollte.

Halley [p]) suchte die Barometerveränderungen vorzüglich aus den Winden herzuleiten. Daß beym stillen und zum Regen geneigten Wetter das Barometer

o) Philos. Trans. n. 165.

p) Ibid. n. 181.

ter gemeiniglich tiefer stehe, erklärt er aus der größern Leichtigkeit der Luft, welche die Dünste nicht mehr halten könne. Diese Leichtigkeit der Luft entstehe aber von zwey entgegengesetzten Winden an dem Orte der Beobachtung, wodurch die Luft verdünnt würde. Bey stillem und hellem Wetter hingegen stehe das Barometer gemeiniglich deswegen hoch, weil alsdann an dem Orte der Beobachtung zwey entgegengesetzte Winde zusammenstoßen, welches die Stille verursache; aber dadurch werde auch die Luftsäule höher, und verdichte sich; sie müsse folglich auch die Dünste stärker halten, und das Quecksilber im Barometer höher treiben. Bey starken Winden stehe aus dieser Ursache das Quecksilber tiefer, weil die sehr stark fortströmende Luft durch die angrenzenden stillen Luftsäulen nicht sogleich wieder ersetzt werden könnte, wodurch sie verdünnt werde; ausserdem komme auch noch durch die horizontale Bewegung des Windes eine Verminderung des senkrechten Drucks der Luft hinzu; auch könne es dabey nicht regnen, weil die Dünste zerstreuet würden. Das Quecksilber stehe in England beym Ost- und Nordostwinde am höchsten, weil auf dem großen atlantischen Meere unter der nördlichen Breite ein West- oder Südwestwind wehe, wodurch die Ost- oder Nordostwinde aufgehalten würden, und eine Anhäufung der Luft verursachten. Bey stillem und heiterm Wetter stehe das Barometer gemeiniglich hoch; denn alsdann kämen die Winde gemeiniglich aus Norden oder Nordosten, und wenn es stille wäre, so würden diese durch den Westwind im Meere aufgehalten; überdies würde die Atmosphäre durch die Kälte verdichtet. Nach einem starken Winde, wo das Quecksilber tief gestanden habe, steige es sehr schnell, weil die weggetriebene Luft wieder ersetzt werde. Gegen

Nor-

Norden seyen die Barometerveränderungen am stärksten, gegen Süden aber am schwächsten, weil im ersten Falle die Winde heftiger und veränderlicher, als im zweyten wären.

Woodward q) nimmt die ganz ungegründete Hypothese an, daß die Erde eine hohle mit einer ungeheuren Menge von Wasser angefüllte Kugel sey. Aus diesem großen Wasserbehälter erhebe sich unter der Gestalt der Dünste Wasser in die Atmosphäre. Da nun diese Dünste nicht anders aufsteigen könnten, als daß sie durch einen Stoß die Luft aus der Stelle treiben müßten, wodurch der Druck der Luft vermindert würde, so folge, daß das Quecksilber im Barometer falle. Wären aber einmal die Dünste in der Luft aufgestiegen, so verursachten nicht allein diese Dünste durch ihre Schwere, sondern auch die nunmehr aufhörende Wirkung des Wassers derselben gegen die Lufttheile, daß die Luft stärker gegen die Erde drucke, und dadurch das Steigen des Quecksilbers bewirke.

De la Hire r) sucht die Barometerveränderungen aus dem Uebergange der Luft von den südlichen zu den nördlichen Gegenden herzuleiten. Er meint, die Atmosphäre sey ein längliches Sphäroid, daher sie unter den Polen weit höher stehe, als unter dem Aequator. Daher erhöhe sich die Atmosphäre bey uns, wenn der Nordwind wehe; im Gegentheil aber vermindere sie sich beym Südwinde. Weil aber die Mittags-

q) Histor. natur. telluris. Lond. 1695. 8.

r) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1705.

tagswinde auch Regen brächten, so folge, daß es regnen müsse, wenn die Luft leicht scheine, das Gegentheil aber erfolge, wenn sie schwer sey, und folglich die Nordwinde wehen. Indessen könne es auch geschehen, daß der Südwind nahe an der Erdfläche wehe, indem im obern Theile der Atmosphäre der Nordwind herrsche, daß es folglich regne, wenn gleich die Luft sehr schwer scheine. Im Gegentheil könne ebenfalls die Witterung sehr heiter seyn, wenn gleich das Barometer sehr niedrig stehe; denn wir könnten nur diejenigen Winde beobachten, welche nahe an der Erdfläche weheten.

Leibnitz sucht aus folgendem von ihm durch einen Versuch gefolgerten Satze die Barometerveränderungen zu erklären: daß nämlich ein fremder Körper eben so viel wiege, als die flüssige Materie, in welcher er sich befindet, und daß er daher einen Theil ihres Gewichts ausmache, so lange er von derselben erhalten werde; geschähe dies aber nicht mehr, und der Körper falle, so mache sein ganzes Gewicht nicht mehr einen Theil des Gewichts der flüssigen Materie aus, welche daher weniger wiegt. De Fontenelle[s]) hat Leibnitzens Meynung vollständig vorgetragen. Die Veranlassung zu dem Versuche, aus welchem Leibnitz jene Folge zog, gab ein Streit zwischen den beyden Medicinern Ramazzini und Schellhammer. Jener hatte nämlich in einer Schrift, die er dem Lucas Schrök gewidmet hatte[t]), behauptet, daß bey heiterm Him-

s) Histoire de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1711.

t) Ephemerides barometricae Mutinae an. 1694. una cum disquisitione de causa ascensus et descensus mercurii in torricelliana fistula juxta diversum aëris statum.

Himmel die Atmosphäre mit nitrösen Theilchen angefüllt sey, die durch ihr Gewicht den Druck der Luft vermehren, daher das Quecksilber im Barometer steigen müsse; bey bevorstehendem Regenwetter aber würden diese nitrösen Theilchen gegen die Erde niedergeschlagen, mithin die Atmosphäre leichter, und das Quecksilber müsse im Barometer herabsinken. Dagegen behauptete Schellhammer, welcher seine Meynung in einem Brief an denselben Schrök überschrieb, daß vielmehr die aufgestiegenen Dünste den Druck der Atmosphäre bey heiterer Witterung vermehrten, der aber wieder vermindert würde, sobald sich die Dünste in Regentropfen umgebildet hätten. Beyde stritten hierüber vom Jahre 1696 bis 1698.[u]). Endlich schrieb Ramazzini an Leibnitz, und bat ihn um seine Meynung in dieser Sache. Dieser antwortete ihm, daß er die Dünste als Körper betrachte, welche das Gewicht der Atmosphäre so lange vermehrten, so lange sie von ihr getragen würden. Diese Vermehrung höre aber sogleich auf, so bald die Dünste herabfielen. Der Versuch, der dieses beweisen sollte, war dieser: er hieng an eine Wage eine etwas lange Röhre (fig. 68.) a b, damit der Körper beym Herabfallen eine hinreichende Zeit nöthig habe, und daher die Veränderung an der Wage desto sicherer wahrgenommen werden konnte. Diese Röhre füllte er mit Wasser an, und brachte auf dieses eine hohle Kugel von einer specifisch schwerern Materie als das Wasser, welche er anfänglich verstopfte, damit sie nicht zu Boden sank. War nun die Röhre mit dem Wasser vorher ins Gleichgewicht gebracht, so gab sie nunmehr, als

u) Acta erudit. Lipſ. 1711. p. 10. ſqq.

als die hohle Kugel ins Wasser gebracht ward, einen Ausschlag, und es mußte in die Wagschale grade so viel Gegengewicht zugelegt werden, als die Kugel wog. Hiernächst öfnete er die Kugel, damit das Wasser hineindringen, und die schwimmende Kugel zu Boden sinken konnte. Nachdem nun wirklich die Kugel im Sinken war, gab das Gegengewicht c einen Ausschlag, zum Beweise, daß der oben angeführte Satz seine Richtigkeit habe.

Ramazzini wiederholte diesen Versuch, anfänglich wollte er ihm aber nicht glücken. Viele Jahre darnach stellte er ihn nochmals in Gegenwart eines Professors zu Padua, Gratian, mit glücklichem Erfolge an, und gab alsdann seinen ganzen Streit mit Schellhammern zugleich mit Leibnitzens Briefe im Jahre 1710 heraus [v]).

Man hat diesen Versuch nach der Zeit vielfältig wiederholt, und so wie ihn Leibnitz angab, richtig befunden. Leibnitz meldete endlich diese Sache auch dem Abt von Bignon, der sie dem Herrn von Reaumur zu untersuchen auftrug, welcher sie ebenfalls richtig fand [w]).

So

v) Ephemerides barometricae Mutinae olim editae a *Bernardo Ramazzino* in Patavino Gymnasio practicae medicina profes. nunc Patavii recusae cum tota controversia, quam idem habuit cum *Gunth. Christ. Schellhammero* in Kilonensi lycaeo med. prof. accedit nova epistola ejusdem Rama zini cum resolutione problematis inter ipsos agitati ex invento *Godofr. Guil. Leibnitzii.* M. s. *Leibnitzii* epistolae ad diversos e MSc. auctoris cum annotat. suis primum evulgavit *Christ. Kortholtus.* T. I. Lips. 1734. 8. epist. CXXVI. p. 181.

w) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1711.

So richtig aber auch Leibnitzens Versuch an sich ist, so läßt er sich doch auf keine Weise auf die in der Luft schwebenden Dünste anwenden, um daraus die Barometerveränderungen abzuleiten. Auch suchte schon Desaguliers x) Leibnitzens Meynung zu widerlegen. Allein jener verstand diesen nicht recht. Er glaubte nämlich, Leibnitz hätte behauptet, der im Fallen begriffene Körper vermehre das Gewicht des Wassers gar nicht, welches offenbar den hydrostatischen Gesetzen entgegen wäre. Es zeigten aber Rast y) zu Königsberg und Michelotti z) in Italien sehr bald, daß Desaguliers Leibnitzen nicht richtig verstanden habe.

Im Jahre 1715 setzte die Akademie zu Bordeaux einen Preis auf die beste Abhandlung über die Ursachen der Barometerveränderungen. Der Herr von Mairan erhielt denselben. Dieser leitet die Barometerveränderungen mit Halley von den Winden ab a). Er sagt nämlich, man müsse bey einem Körper seine absolute Schwere von seiner relativen unterscheiden. Die erstere kann nur durchs Hinzuthun und Wegnahme der Materie vermehrt oder vermindert wer-

x) Philosoph. Transact. n. 351. p. 573.

y) Explicatio Leibnitziana mutationis barometri in tempest. pluviis contra dubitationes *Desagulieri* adferta. Regiom. 1719.

z) Diss. phys. mathem. de separatione fluidorum in corpore animali p. 55. f.

a) Diss. sur les variations du baromètre, qui a remporté le prix à l'Acad. roy. des belles lettres des scienc. et arts de Bordeaux p. M. *d'Ortous de Mairan* de Beziers. 1715. 8.

werden; diese aber kann sich unendlich verändern, wenn gleich die absolute Schwere beständig einerley bleibt. Die Hauptursache der Barometerveränderungen sucht von Mairan in der relativen Schwere der Atmosphäre. Wenn diese in Ruhe ist, druckt sie mit absoluter Kraft auf die Erde, bewegt sie sich aber, so ist ihre druckende Kraft nur relativ, und es kommt hiebey nun vorzüglich auf die Geschwindigkeit und Richtung der Bewegung der Luft an; indem hievon die größere oder geringere Verminderung des absoluten Drucks der Atmosphäre abhängt. Zur Vorstellung dieses Gesagten führt von Mairan folgendes Beyspiel an: wenn eine Kugel auf einem ebenen Tische ruhe, so druckt sie diesen mit ihrem absoluten Gewicht, werde sie aber in Bewegung versetzt, und rolle von einem Ende des Tisches zum andern, so werde dadurch ihr Druck gegen den Tisch geringer, und nehme desto mehr ab, je geschwinder die Kugel sich bewege. Eine ähnliche Idee liege in dem Bilde, welches Homer von dem schnellen Fluge des Wagens eines seiner Helden gebe, indem er sagt, daß die Räder nur leichte Spuren in dem feinsten Staube zurückließen. — Aus dieser kurzen Anführung kann man schon hinreichend erkennen, daß der Herr von Mairan, so wie überhaupt Alle in diesem Zeitraume, die Barometerveränderungen aus bloßen mechanischen Gründen abzuleiten suchte, welche aber keinesweges hinreichend sind. — Mairan's Hypothese ward auch schon im Jahre 1722 von Hartsöker in Utrecht angegriffen [b]). Unter andern ungegründeten Einwürfen, welche

b) Recueil de plusieurs pièces de physique, où l'on fait principalement voir l'invalidité du système de Mr. Newton. Vtrecht. 1722. 12.

che hier nicht weiter angeführt zu werden verdienen, bringt er auch folgenden gegen das von Mairan angegebene Beyspiel bey: er gebe zwar zu, sagt er, daß ein jeder Punkt des Tisches, über welchen die Kugel hinrolle, weniger Druck leide; allein zugestehen könne er ihm nicht, daß deßwegen der ganze Tisch weniger gedruckt würde; alltägliche Erfahrungen könnten hievon das Gegentheil darthun. Wenn man z. B. dem Wasser in einem Gefäße eine drehende Bewegung gebe, so würde es darum keinen geringern Druck auf den Boden des Gefäßes ausüben, und ein sich auf der Wagschale drehender Kräusel werde gewiß eben so viel wiegen, als ein darauf ruhender. Der Herr von Mairan hält diesen Einwurf selbst für wichtig, und gab blos in einem Briefe an die Verfasser des Journal des savans [c]) zu erkennen, daß unter allen Einwürfen, welche Herr Hartsöker gegen seine Theorie gemacht habe, kaum zwey oder drey wären, die diesen Nahmen verdienten; auch ließe sich noch viel über die Art sagen, wie er sie anführe.

Wenn es gleich unmöglich ist, die Barometerveränderungen aus der Bewegung der Luft allein zu erklären, so bewies doch Hawksbée durch Versuche, daß die Luft leichter wird, wenn ein Theil derselben in eine große Bewegung kommt [d]). In einer hohlen Kugel, welche mit einem Hahn verschlossen werden konnte, druckte er die Luft zusammen, und schraubte sie an eine messingene Röhre an, welche in ein ausgehöl-

c) an. 1725. p. 569.

d) Course of mechanical experiments by *Franc. Hawksbee.* Lond. 1709. p. 115. sqq.

höltes viereckes Stück Holz luftdicht eingekittet war. Ueberdem hatte er noch eine andere messingene oben ofene Röhre in das Stück Holz eingekittet. Ein einfaches Barometer ward in die Hölung des Holzes so gestellt, daß die Röhre mit dem Quecksilber oben herausgieng, über der Oefnung des Gefäßes aber der Wind aus der Kugel wegstreichen konnte. Noch brachte er in das hölzerne Behältniß eine längere Röhre als die vorigen, etwa von 3 Fuß, welche mit dem andern Ende in ein anderes hölzernes Behältniß eingesetzt war, worin er ebenfalls, wie im vorigen, ein einfaches Barometer stellte. Nachdem er nun die Luft aus der Kugel herausließ, so sank auch das Quecksilber in beyden Barometern fast gleich viel, und als die Geschwindigkeit der ausströmenden Luft geringer wurde, sahe man auch das Quecksilber nach und nach wieder in die Höhe steigen, bis es endlich, da die Bewegung der Luft aufgehört hatte, wieder eben so hoch als im Anfange des Versuchs war. Dieser Versuch zeigte also wirklich, daß die stark bewegte Luft nicht so stark als vorher drucke.

Luftpumpe und Elasticität der Luft.

Eine so wichtige Erfindung, als die Luftpumpe ist, mußte nothwendig die Physiker ungemein aufmerksam machen, da schon ihre ersten Erfinder dadurch die mechanischen Eigenschaften der Luft so vortreflich erwiesen hatten. Man suchte auch in der That einigen Unbequemlichkeiten und Mängeln, die man an den ersten Luftpumpen wahrgenommen hatte, zu verbessern. In Deutschland behielt man die erste und einfachste Einrichtung der Guerickeschen Luftpumpe noch eine geraume Zeit bey, da man im Gegentheil in England

sich

sich der Boyleschen bediente. Christ. Sturm e) machte an Guerickens erster Luftpumpe nur folgende Aenderung: das Ventil, durch welches die Luft aus dem Cylinder heraustreten muß, war nicht im Cylinder selbst, wie bey der Guerickeschen Pumpe, sondern im Stempel angebracht; die Stempelstange war hohl, und oben nicht weit von der Querstange eine kleine Oefnung befindlich, durch welche die Luft beym Rückzuge des Stempels heraustrat. Uebrigens kannte auch Sturm schon die beyden andern Guerickeschen Luftpumpen, so wie die Boylesche, die er a. a. O. ebenfalls erwähnt.

An der Boyleschen Luftpumpe hatte schon Otto von Guericke den Mechanismus, den Stempel vermittelst der Fuhrmannswinde auf- und niederzubewegen, vorzüglich aus der Ursache getadelt, daß dabey zu viele Zeit unnöthiger Weise verlohren gehe. Vermuthlich suchte auch deßwegen der französische Arzt Dionysius Papin statt der Kurbel mit dem Trillinge einen andern Mechanismus anzubringen; er setzte nämlich an deren Stelle eine ganz einfache Stempelstange, welche unten eine Art von Steigbügel hatte, so daß man mit dem Fuß die Kolbenstange niederbewegen, und auch mit demselben wieder in die Höhe schieben konnte. Die übrige äußere Gestalt der Boyleschen Pumpe behielt er bey, und so beschrieb er sie zuerst in einer französischen Schrift f). Papin begab sich hierauf nach England, wo er unter der Aufsicht des damals noch lebenden Robert Boyle diejenigen Ver-

e) Colleg. curiosum. Norimb. 1676. 4. tentam. XIII. p. 100. sqq.

f) Nouvelles expériences du vuide. Paris 1675.

Versuche anstellte, welche in Boyle's zweyter Fortsetzung seiner mechanisch physischen Versuche enthalten sind. Diese ihm erwünschte Gelegenheit gab ihm Veranlassung, seine erste Einrichtung der Pumpe in verschiedenen Stücken noch mehr zu verbessern, welche er endlich in diesem verbesserten Zustande in einer andern zu London herausgegebenen Schrift [g]) beschrieb. Eine Abbildung davon findet sich auch in den Actis erudit. Lips. 1687. p. 324. sqq. Die Verbesserungen, welche Papin an der Boyleschen Luftpumpe machte, betreffen besonders die Einrichtung des Kolbens und der Ventile, um die bey jedem Zuge in den Cylinder hineingetretene Luft beym Heben des Stempels völlig wieder hinauszuschaffen. Das merkwürdigste dabey ist jedoch dies, daß er zuerst den noch jetzt gebräuchlichen Teller auf der Luftpumpe, und zwar da angebracht hat, wo bey der Boyleschen Pumpe der Hals des Recipienten aufgesetzt wird. Daher konnte Papin statt der Recipienten mit dem engen Halse solche gebrauchen, welche die Gestalt der Glocken oder Cylinder hatten. Ueberdem schlägt er auch schon Mittel vor, wie man die in der verdünnten Luft unter dem Recipienten befindlichen Körper von der Stelle bewegen könne, ohne der äussern Luft den Zugang zu verstatten.

Auch findet sich bey der zweyten Fortsetzung von Boyle's Versuchen die doppelte Luftpumpe, oder die mit doppeltem Stiefel, welche man gewöhnlich als eine Erfindung des Hawksbee anführt. Wahrscheinlich ist sie ebenfalls eine Erfindung von Pa-

g) A continuation of the new Digestor of bones. Lond. 1687. 4.

Papin. In zwey vertikal stehenden Stiefeln wird nämlich der Kolben des einen Stiefels zugleich ausgezogen, wenn der Kolben des andern hineingetrieben wird, so daß also bey jedem Auszuge des einen Stempels die Luft aus dem Recipienten ausgesogen, und die vom andern Stempel bereits ausgesogene ins Zimmer fortgeschaft werden kann. Beyde Cylinder stehen neben einander, die eisernen Kolbenstangen gehen von oben hinein, und sind vermittelst eines über eine Rolle gehenden Seiles mit einander verbunden. Unten am Boden sind beyde Cylinder durch eine enge Röhre in Verbindung, an welcher sich eine andere enge Röhre bis zum Mittelpunkte des Tellers erstreckt. Die Kolben selbst sind mit Blasenventilen versehen, welche sich schließen, wenn ein Auszug der Kolben erfolgt, hingegen durch den Druck der in den Cylinder getretenen Luft aufgestoßen werden, wenn der Rückzug der Kolben geschieht. In die Verbindungsröhre der beyden Cylinder wird von oben auf dem Teller Wasser hineingegossen, um das Eindringen der äußern Luft von dieser Seite abzuhalten [h]).

Da Boyle's und die von Papin verbesserte Boylesche Pumpe nicht als Compressionsmaschine gebraucht werden konnte, so ersann Boyle eine eigene Maschine, um damit die Luft zusammenzupressen. Diese Maschine ist die erste mir bekannte Compressionsmaschine, wenn man die Vorrichtung, welche Galilei zum Zusammendrucken der Luft gebrauchte, nicht dazu rechnet. Boyle's Compressionsmaschine hat folgende Einrichtung: in der Mitte eines ebenen viereckten

h) Experimentor. novor. physico-mechanicorum continuatio II. Colon. Alobrog. 1686. 4. p. 1.

eckten Brets (fig. 71.) ii ist ein vollkommen glatter messingener Teller bb, in dessen Mitte ein Loch mit einer Mutterschraube befindlich ist, eingesetzt. Ein Paar eiserne Stäbe lll und lll, welche oben umgebogen und einen viereckten Eisenstab mit einer in der Mitte befindlichen Mutterschraube umfassen, sind in dem viereckten Brete ii gehörig befestigt, damit der eiserne Stab in einer gewissen Entfernung von ii nicht ausweichen könne. Zwischen dem Brette ii und dem eisernen Stabe wird ein cylindrischer Recipient A gebracht, in welchem die Luft verdichtet werden soll. Um nun diesen Recipienten dicht an den Teller bb anzuschließen, wird um den untern Rand desselben ein lederner Ring gelegt, und oben zwischen dem eisernen Stabe und dem Recipienten eine lederne Scheibe mit einem Brete gebracht. Vermittelst der Schraube mm läßt sich alsdann der Recipient gegen den Teller bb mit hinreichender Festigkeit anschrauben. Endlich wird der bey c verschlossene Cylinder nn mittelst der kleinen Röhre luftdicht in der Oefnung des Tellers bb geschraubt. In dem Cylinder nn befindet sich bey p eine kleine Oefnung, durch welche, wenn der Stempel o weit genug herausgezogen ist, die äussere Luft in den Cylinder treten kann. Wird hiernächst der Stempel wieder zurückgestoßen, so wird die in den Cylinder eingetretene Luft in den Recipienten hineingepreßt, mithin in selbigem verdichtet. Damit nun aber die einmal eingepreßte Luft nach dem wiederholten Auszuge des Stempels demselben nicht wieder folgen könne, ist in der Oefnung e ein Ventil angebracht, das sich nach innen öfnet, und ausserdem durch eine elastische Feder fest angedruckt wird [i]).

Pe

i) Experimentor. novor. physico-mechanicorum. etc. p. 5.

Peter van Musschenbroek[k]) berichtet, daß Burkard de Volder eine andere Einrichtung der Luftpumpe erfunden habe, welche zu Leyden verfertigt, und schon im Jahre 1675 auf dem physikalischen Laboratorio der dortigen Akademie gebraucht worden sey. Diese Maschine hat sich noch zu der Zeit, als Musschenbroek das angeführte Werk schrieb (ohngefähr im Jahre 1760), daselbst befunden; s' Gravesande aber habe sie so vollkommen und einfach eingerichtet, daß man damit in kurzer Zeit und mit leichter Mühe die Luft in dem Recipienten stark verdünnen könne. Die Einrichtung dieser Maschine hat jedoch Musschenbroek nicht weiter beschrieben. Nach seinem Urtheile ist bis dahin noch keine ganz vollkommene Luftpumpe zu Stande gebracht worden. Indessen rühmt er doch eine andere von der vorigen verschiedene größere und weitere Luftpumpe, die von seinem Vater-Bruder sowohl, als auch von seinem Vater vor 80 Jahren, welches etwa in das Jahr 1680 fiel, wäre erfunden worden. Auch von dieser Maschine hat Musschenbroek nicht angezeigt, wie sie eingerichtet gewesen ist.

Im Jahre 1697 ließ Sengwerd, Prof. zu Leyden, von einem Künstler eine Luftpumpe verfertigen, welche er schon im Jahre 1685 angegeben[l]), aber nach seiner Nachricht[m]) im Jahre 1697 vollendet hat. Hierbey ward von neuem die Fuhrmannswinde angebracht. In Deutschland wurde diese Einrichtung bald

k) Introductio ad philosoph. naturalem. T. II. §. 2520.

l) Philosophia naturalis. Lugd. Batav.

m) Rationis atque experientiae connubium. Edit. 3tia. Roterod. 1715.

bald bekannt, und daselbst häufig nachgemacht. Leupold in Leipzig hat sie für deutsche Mathematiker und Physiker häufig verfertigt, und eine eigene Abhandlung davon herausgegeben [n]). Auch ist diese Luftpumpe von Teichmeyer [o]) und Wolf [p]) beschrieben worden. Letzterer hat alle seine Versuche mit einer Sengwerd'schen von Leupold verfertigten Luftpumpe angestellt, und durch dessen Empfehlung scheint sie in Deutschland so vielen Beyfall erhalten zu haben. Sengwerd hat ihr statt der gewöhnlichen vertikalen Stellung des Cylinders die von der horizontalen nicht viel abweichende schiefe Lage gegeben, wahrscheinlich deßwegen, um einen längern Cylinder anzuwenden, welcher bey der Boyleschen und andern ähnlichen nur kurz seyn kann, weil sonst der Recipient zu hoch zu stehen kommen würde, um darin mit Bequemlichkeit Versuche anzustellen.

Die Sengwerd'sche Luftpumpe selbst ist fig. 69. abgebildet. Der Cylinder ab wird auf dem Fußgestelle cd in einer gegen den Horizont unter einem kleinen Winkel geneigten Lage befestigt, und ist durch die Röhre gef mit dem Teller in Verbindung. In die gezahnte Kolbenstange k greift ein Getriebe an der Axe i ein, wodurch der Stempel mittelst des Kreuzhaspels aus- und eingewunden wird. Am Boden des Cylinders befindet sich der Hahn h, welcher doppelt durchbohrt ist. Die eine Oefnung geht nämlich quer durch

n) Deutliche Beschreibung der so genannten Luftpumpen. Leipzig 1707. nebst 2 Fortsetzungen 1711. u. 1714. 4.

o) Elementa philosophiae natural. experiment. Jenae 1717. p. 144. sqq.

p) Nützliche Versuche Th. I. Cap. 4.

durch den Hahn auf der Axe desselben senkrecht, die andere aber nach der Richtung der Axe selbst von oben nach unten, jedoch so, daß sie in ihrem Fortgange nicht völlig bis zu dem (fig. 70.) durch q gebohrten Wege geht, sondern sich von s nach r seitwärts wendet. Der Griff des Hahns wird mit dem durch q gebohrten Canal parallel gesetzt. Steht alsdann der Hahn so, wie es die fig. 69. vorstellt, so ist der Weg aus der Glocke in den Cylinder offen, durch welchen die Luft beym Auszuge des Stempels in den Cylinder treten kann. Dreht man hiernächst den Hahn so weit herum, daß der Handgriff einen Quadranten durchläuft, so ist nun der Cylinder mit dem durchbohrten Canal (fig. 70.) rst verbunden, durch welchen die vorhin in den Cylinder hineingetretene Luft beym Zurückwinden des Stempels in die atmosphärische Luft getrieben wird. Uebrigens kann der Canal st nach Gefallen mit einem kleinen Stöpsel p verschlossen werden. Diese Luftpumpe dient auch als Compressionsmaschine.

Hawksbee's q) doppelte Luftpumpe oder die mit doppeltem Stiefel hat mit derjenigen sehr viele Aehnlichkeit, welche Boyle beschrieben hat. Statt der Verbindung der Kolbenstangen mittelst eines Seils, das über eine Rolle geführt ist, sind hier die Kolbenstangen gezahnt, und zwischen ihnen liegt ein kleines Sternrad, dessen Zähne in die Zähne der Stangen eingreifen. An der Axe dieses Rades befindet sich eine Kurbel, an welcher das Sternrad wechselsweise vor- und rückwärts jedesmal so lange nach einerley Richtung ge-

q) Physico-mechanical experiments on various subjects. Lond. 1709. 4. auch Acta erudit. Lips. supplem. T. V. p. 403.

gedrehet wird, bis die Kolben die ganze Länge des Cylinders durchlaufen haben. Um das Eindringen der Luft abzuhalten, stehen hier die Cylinder mit ihrer Verbindungsröhre in einer zwey Zoll hohen Cisterne mit Wasser. Das Gestelle ist ein Tisch mit 4 Füßen, auf dessen Platte die Cylinder mit einigen Säulen stehen. Vier von diesen Säulen tragen den Teller, und zwey andere ein Querstück, welches der Axe des Sternrades zur Unterlage dient.

Leupold r) brachte an der Hawksbee'schen Luftpumpe verschiedene Verbesserungen an. Statt der gezahnten Kolbenstangen mit dem Getriebe machte er die Einrichtung so, daß die Stangen, wie bey den großen Feuerspritzen, an einem gehörig unterstützten eisernen Wagebalken hängen. Dieser Balken ist gleicharmig, und nur so lang, als die Entfernung der Kolbenstangen vom Mittelpunkte der Bewegung es erfordert; an der Axe desselben aber ist noch ein anderer gleicharmiger Wagebalken mit dem vorigen parallel angebracht, dessen Arme länger als die des vorigen sind, und welcher dazu dient, daß man jedes Ende desselben mit der Hand angreifen, und durch abwechselndes Niederdrücken und Heben die Kolben in Bewegung bringen kann. Die Kolben sind ebenfalls mit Ventilen versehen, welche Leupold auf eine vortheilhaftere Art eingerichtet haben soll, wovon aber an der angeführten Stelle keine nähere Beschreibung beygefügt ist, weil er sie damals noch als ein Geheimniß für sich behalten hat. Der ganze Mechanismus dieser Pumpe ist einfach und erfordert ungleich weniger Aufwand als andere. Nur ist hieben zu erinnern, daß

r) Deutliche Beschreibung der Luftpumpe. Fortsetz. 1711. 4. auch Acta erud. Lips. 1714. p. 95. sqq.

daß die an der Druckstange hangenden Stempel wegen des Bogens, den die beyden Enden der Stangen beschreiben, nicht beständig nach vertikalen, sondern nach schiefen Richtungen schieben.

Zur Zusammendruckung der Luft hat Hawksbée eine etwas veränderte Maschine, als die des Boyle, angegeben. Er hatte sie so eingerichtet, daß er in der Oefnung des Cylinders, wo das Gefäß angeschraubt werden sollte, ein Blasenventil anbrachte, welches der zusammengedruckten Luft hinreichend widerstand; oben am Cylinder ward wie bey Boyle's Compressionsmaschine eine kleine Oefnung gelassen, durch welche die äussere Luft in den Cylinder dringen konnte, wenn man den Stempel weit genug herauszog. Uebrigens war die Kolbenstange bezahnt, so daß der Kolben mittelst eines Sternrades durch eine Kurbel hin- und her gewunden werden konnte. Wolf [s]) hat diese Maschine mit einigen Verbesserungen vollständig beschrieben.

So viele Bequemlichkeiten aber auch die Ventile bey den Luftpumpen haben, so setzte man an ihnen doch schon aus, daß sie dem freyen Durchgange der Luft desto mehr hinderlich fielen, je mehr diese schon unter dem Recipienten verdünnt ist. Ueberdem hatte man auch an den Ventilpumpen noch keine Vorrichtung erdacht, um sie nicht allein zur Verdünnung der Luft, sondern auch zum Comprimiren zu gebrauchen. Aus diesen Ursachen erhielten die Luftpumpen mit Hähnen fast allgemein den größten Beyfall; blos in England blieben die Luftpumpen mit Ventilen im Gebrauch. Weil aber die Hähne an den Luftpumpen die Unbequemlichkeit haben, daß sie bey jedem Auszuge des Stem-

s) Nützliche Versuche. Th. II. Cap. 1.

Stempels anders gedreht werden müssen, wodurch die Arbeit selbst verzögert wird, so hatte besonders s' Gravesande einen Mechanismus angegeben, welcher nicht allein zur Bewegung der Kolben dient, sondern auch jedesmal beym Anfange eines neuen Zuges den Hahn von selbst wieder in die gehörige Stellung versetzte. Uebrigens beschreibt er zwey Luftpumpen [t]), welche er durch den berühmten holländischen Mechaniker, Johann van Musschenbroek, dem Bruder des großen Naturforschers, Peter van Musschenbroek, hat verfertigen lassen, der ebenfalls hievon Nachricht ertheilt [u]). Die erste ist eine doppelte Luftpumpe, an welcher die Kolbenbewegung, wie bey der Hawksbee'schen, vermittelst eines Getriebes verrichtet wird. An der Axe des Sternrades ist nämlich eine Druckstange angebracht, welche aus zwey gleichlaufenden Hebelsarmen besteht, so daß man jedes Ende mit einer Hand angreifen, und durch abwechselndes Heben und Niederdrucken dem Kolben die nöthige Bewegung mittheilen kann. Die beyden Cylinder stehen vertikal, und haben ihre Oefnung oben, den Boden unten; hieselbst sind sie mit derjenigen Röhre verbunden, durch welche die Luft aus der Glocke treten muß. Jeder Cylinder hat unten einen eigenen Hahn, welcher doppelt durchbohrt ist, und die Griffe beyder Hähne sind mit einer horizontal dazwischen liegenden Stange so verbunden, daß beyde allemal zugleich auf folgende Art in Bewegung kommen. An der Axe des Sternrades hängt hinterwärts der Pumpe ein Schwengel, wel-

t) Physic. elementa mathem. lib. IV. cap. 4.

u) Beschreibung der einfachen und doppelten Luftpumpe von J. C. Thann. Leipz. 1765. 8. franz. als ein Anhang am Traité de physique par *Pet. van Musschenbroek*, traduit par *Massuet*. Paris 1739.

welcher sich in zwey Arme spaltet, und als ein Pendel schwingt, wenn die Pumpe in völliger Arbeit ist. Auf der Mitte derjenigen Stange, welche beyde Hähne verbindet, ist eine besondere Vorrichtung angebracht, welche beym Anfange eines jeden neuen Zuges einen von den Armen des Schwengels ergreift, und auf diese Weise beyde Hähne zugleich umdreht. So werden also gleich beym Anfange des Zuges die Hähne in die gehörige Stellung versetzt, und behalten sie im Fortgange des Zuges, weil der Arm des Schwengels die Vorrichtung bald wieder verläßt.

Die andere s' Gravesandische Luftpumpe ist eine einfache, welche ebenfalls eine gezahnte Kolbenstange hat, worin ein Sternrad greift, das eben so wie bey der doppelten in Bewegung gesetzt wird. Weil aber das Rad hier nie einen ganzen Umlauf vollendet, so ist nur nöthig, statt des ganzen Sternrades einen Kreissektor zu gebrauchen, dessen Bogen gehörig mit Zähnen versehen ist. Auf dem Fußgestelle dieser Pumpe ist eine hölzerne Tafel vertikal befestigt, und an dieser Tafel ist der Cylinder durch starke Schrauben in einer gegen den Horizont schiefen Lage fest gemacht. Der Cylinder hat oben seine Oefnung, durch welche die Kolbenstange durchgeht, und unten ist der Hahn wie bey der doppelten Luftpumpe angebracht; er wird durch eine ähnliche Vorrichtung wie die Hähne der doppelten Pumpe zu rechter Zeit umgedreht, und deßwegen ist der Kolben mit seiner Stange, so wie bey der vorigen verbunden. Von dem Boden des Cylinders ist die Verbindungsröhre nach dem Teller hinaufgeleitet, der wie bey der doppelten Pumpe oben über dem ganzen Gestelle der Pumpe angebracht ist.

Diese beyden s' Gravesandischen Pumpen sind übrigens sehr zusammengesetzt, und deßwegen nicht

allein kostbar, sondern auch vielen Reparaturen unterworfen.

Daß kein vollkommen luftleerer Raum mit Hülfe der Luftpumpen erhalten werden kann, erkannten schon die ersten Erfinder der Pumpen. So konnte es Boyle, so viel Mühe er sich auch gab, nie dahin bringen, das Quecksilber in einem Barometer bis zum Niveau des Quecksilbers im Gefäße herabzubringen. Man war aber der sehr irrigen Meynung, daß der verdünnte Raum nichts weiter als bloße verdünnte Luft enthielte, deren elastische Kraft noch einer kleinen Quecksilbersäule das Gleichgewicht zu erhalten vermöge. Indessen veranlaßte doch diese irrige Vorstellung die Erfindung der sogenannten Merkurialzeiger, Elasticitätszeiger, oder der Barometer, durch welche man die absolute Elasticität der unter der Glocke noch befindlichen Materie zu bestimmen vermag. Dieses Werkzeug ist also eigentlich kein Dichtigkeitsmesser der unter der Glocke verdünnten Luft, wie man eine geraume Zeit geglaubt hat; noch eher ließe es sich als einen solchen bey der Verdichtung der Luft betrachten. Den ersten Elasticitätszeiger finde ich schon bey Boyle [v]) beschrieben, welcher ihn bey seinen letzten Versuchen gebrauchte, theils um den verdünnten, theils aber auch den verdichteten Grad der Luft zu bestimmen. Er hat folgende Einrichtung: Die krumm gebogene Röhre (fig. 72.) bcd enthält die beyden Schenkel ab und ed, jener ist weiter als ed, und bcd am weitesten; die Röhre bcd wird mit Quecksilber angefüllt, und hiernächst das Ende e des Schenkels de hermetisch verschlossen, das Ende

v) Experimentor. physico-mechanicor. Continuatio II. Col. Alob. 1686. 4. p. 3.

de a des Schenkels ba aber offen gelassen. Dieser Elasticitätszeiger wird unter eine Glocke auf den Teller lm, in welche eine torricellische Röhre hk luftdicht bey i eingelassen ist, gebracht. Wenn nun die Luft unter der Glocke ausgezogen wird, so dehnt sich die eingesperrte atmosphärische Luft in den Schenkel de aus, und treibt das Quecksilber in den andern Schenkel ba hinauf, und zwar um desto mehr, je dünner die Luft unter der Glocke wird. Wenn man also die Capacitäten und die Höhen beyder Schenkel ab und de kennt, so kann man mit Hülfe der Torricellischen Röhre hk die Grade der Verdünnung der Luft unter der Glocke an diesem Werkzeuge bestimmen. Wenn nämlich das Quecksilber in der Torricellischen Röhre hk bey hinreichend verdünnter Luft auf 29 Zoll Höhe herabgesunken ist, so wird alsdann die Höhe, auf welche das Quecksilber in den Schenkel ba gestiegen ist, bemerkt. Hiernächst werden bey allen einzelnen Zollen, auf welche das Quecksilber in der Torricellischen Röhre fällt, die Höhen des Quecksilbers in den Schenkel ab auf eben die Art angezeigt. Der so getheilte Schenkel ab wird alsdann alle Grade der verdünnten Luft angeben.

Um nun aber auch die Grade der verdichteten Luft an diesen Zeiger zu haben, so dient dazu der Schenkel de. Es ist nämlich klar, daß das Quecksilber in den Schenkel de desto höher steigen müsse, je mehr die Luft im Recipienten verdichtet wird. Da nun Boyle erwiesen hatte, daß sich die Luft nach dem Verhältnisse der zusammendruckenden Kraft verdichte (Th. I. S. 451.), so gab er folgende Vorschrift, um an dem Merkurialzeiger den bestimmten Grad der Verdichtung der Luft zu finden. Es sey (fig 73.) A der Raum, welcher von einer gewissen Quantität Luft eingen

genommen wird, wenn die zusammendruckende Kraft F ist; wird nun diese Kraft um G = F vergrößert, so muß nach jenem Gesetze dieselbe Quantität Luft auf die Hälfte des vorigen Raumes gebracht werden, mithin wird der rückständige Raum B gleich der Hälfte des ganzen Raumes A seyn, so wie F die Hälfte der druckenden Kraft F + G ist. Würde ferner die letzte druckende Kraft noch um H vermehrt, so daß die erste Kraft F nur den 4ten Theil von der ganzen Kraft F + G + H ausmachte, so wird auch die Luft nur noch den Raum C einnehmen, welcher dem 4ten Theile des ganzen Raumes A gleich ist. Folglich läßt sich schließen: wie sich der rückständige Raum, welchen die Luft noch einnimmt, zum ganzen Raume verhält, eben so muß sich die anfängliche druckende Kraft zur ganzen druckenden Kraft verhalten. Wenn demnach drey von diesen Größen bekannt sind, so läßt sich nach der Regel Detri die vierte finden. Nähme man nun an, daß in dem Merkurialzeiger (fig. 72.) der Schenkel d e der ganze Raum sey, in welchem die Luft in einem solchen zusammengedruckten Zustande sich befindet, daß sie mit dem gewöhnlichen Drucke der Atmosphäre (in England mit einer Quecksilbersäule von 30 Zollen Höhe) das Gleichgewicht hält, so würde die Luft in den Schenkel d e in einen engern Raum gebracht werden müssen, wenn der Druck vergrößert würde. Setzte man den engern Raum f e z. B. 6 Zoll, wenn der ganze Raum d e 12 Zoll hätte, so erhält man 6 Zoll : 12 Zoll = 30 : 60, und daraus erhellet, daß die Luft im Recipienten so zusammengedruckt ist, daß sie mit einer Quecksilbersäule von 60 Zollen Höhe das Gleichgewicht halten kann.

Hieraus läßt sich nun auch leicht zeigen, in welchem Verhältnisse die Weiten der Röhren a b und c d

seyn

seyn müssen. Hiebey kommt es nämlich vorzüglich auf die Höhen dieser Schenkel an; denn je höher sie sind, desto besser läßt sich die im Schenkel ed eingeschlossene Luft in einen engern Raum zusammenbringen. Es sey z. B. die Länge von ab = 10 Zoll, welches $\frac{1}{3}$ von der Höhe der Quecksilbersäule ist, welche mit dem gewöhnlichen Drucke der Atmosphäre das Gleichgewicht hält, alsdann genügt es, die Weite des Schenkels ab noch einmal so groß anzunehmen, als die von ed ist; denn wenn das Quecksilber die Höhe ab erreichen würde, so wird die im andern Schenkel eingeschlossene Luft vermöge ihrer ausdehnenden Kraft sich in einen dreymal größern Raum verbreiten, als sie vorher einnahm, mithin wird $\frac{1}{3}$ des ersten Drucks d. h. eine Quecksilbersäule von 10 Zollen Höhe genügen, um der Elasticität der Luft das Gleichgewicht zu halten. Wäre aber die Länge der Schenkel kleiner, so würde das Quecksilber wenigstens zum Theil von der eingeschlossenen Luft aus dem Schenkel ab herausgetrieben.

Einen andern Merkurialzeiger hat Hawksbee w) angegeben, welcher aber blos die Elasticität der im verdünnten Raume befindlichen Materie anzeigt. Dieser hat folgende Einrichtung: Es sey (fig. 74.) ab der Teller der Luftpumpe, und col eine hindurchgehende bey c offene Röhre; in diese sey bey d alles gegen das Eindringen der äussern Luft verwahrt. Das untere bey g offene Ende der gläsernen Röhre stehe in einem Gefäß hi mit Quecksilber angefüllt, und ef sey die Verbindungsröhre zwischen dem Teller und der Pumpe. So lange nun über dem Teller die Luft sich im

w) Physico-mechanical experiments on various subjects. London 1709. 4.

im natürlichen Zustande befindet, so lange steht das Quecksilber im Gefäße hi und in der Röhre gleich hoch. Wenn aber die Glocke über dem Teller steht, und unter derselben durch Bearbeitung der Luftpumpe die Luft verdünnt wird, so steigt das Quecksilber in die Röhre hinauf, und zwar desto höher, je weiter die Verdünnung getrieben wird. Könnte man alle Luft unter der Glocke wegschaffen, so würde das Quecksilber, nachdem solches bewerkstelligt wäre, in der Röhre so hoch stehen, als es zu der Zeit in jedem an eben dem Orte befindlichen Barometer steht. Und wenn die Luftpumpe vollkommen luftdicht ist, und man ließe alles in dem erwähnten Zustande einige Tage nach einander verharren, ohne vorsetzlich Luft unter die Glocke zu lassen, so muß das Quecksilber während dieser Zeit eben so wie an andern Barometern steigen und fallen. Da es aber unmöglich ist, die Luft unter der Glocke völlig auszuleeren, so sieht man, daß das Quecksilber in der Röhre nicht völlig die Barometerhöhe erreichen könne, und der Unterschied der Höhe von der zugleich beobachteten Höhe eines gewöhnlichen Barometers zeigen werde, wie viel die Elasticität der unter der Glocke noch zurückgebliebenen Materie betrage. Hat man nun an der Röhre eine gehörig eingetheilte Tafel angebracht, so wird man aus der Höhe, auf welche das Quecksilber durch Bearbeitung der Pumpe gebracht werden kann, beurtheilen können, wie stark die Elasticität der unter der Glocke noch befindlichen Materie sey. Stände z. B. das Quecksilber in der Röhre in k auf 26 Zoll, wenn das gewöhnliche Barometer 27 Zoll 8 Linien zeigt, so würde die Elasticität der unter der Glokke noch befindlichen Materie 1 Zoll 8 Linien Quecksilberhöhe gleich seyn, oder auf eine jede Fläche so stark druk-

drucken, als ob 1 Zoll 8 Linien hoch Quecksilber darüber stünde. Es beträgt also diese Elasticität $\frac{312}{332} = \frac{78}{83}$ der Elasticität der äussern Luft. Bey Leupolds doppelter Luftpumpe und bey beyden s' Gravesandischen Pumpen ist dieser Merkurialzeiger ebenfalls angebracht.

Boyle hatte schon das Gesetz entdeckt, nach welchem sich die Luft ausdehne. Fast zu gleicher Zeit mit Boyle fand Mariotte das nämliche Gesetz, ohne der Boyleschen Versuche zu gedenken, die er allem Vermuthen nach nicht kannte. Mariotte [x]) folgerte es aus folgenden Versuchen. Er nahm eine lange unten umgebogene Röhre (fig. 75.) abc, woran der eine Schenkel ec oben bey c verschlossen und 12 Zoll lang war; durch die Oefnung a des andern Schenkels goß er anfänglich so viel Quecksilber hinein, daß es genau in einerley horizontalen Fläche de stand, damit die in dem Schenkel ce eingeschlossene Luft eine gleiche Dichtigkeit mit der atmosphärischen Luft behielt. Hiernächst goß er nach und nach mehr Quecksilber durch a in den Schenkel ad, und fand bey der Barometerhöhe von 28 Zoll

für ef = 4; 6; 9 Zoll;
für dh = 18; 34; 93 Zoll.

Hieraus ergaben sich die Höhen der Säule gh = dh − ef = 14; 28; 84 Zoll und also die Größen der Elasticität der Luft in cf, welche ausser der Quecksilbersäule gh noch den Druck der Atmosphäre auf g, oder 28 Zoll Quecksilber trägt

14 +

x) Essai sur la nature de l'air in d. Oeuv. p. 150. sqq. u. Traité du mouvement des eaux. P. II. disc. 2. in d. Oeuv. p. 381. sqq.

14 + 28; 28 + 28; 84 + 28
oder 42; 56; 112 Zoll

Die Räume aber, welche die Luft einnimmt, oder ce — fe sind

12 — 4; 12 — 6; 12 — 9
oder 8; 6; 3 Zoll,

mithin wird die Elasticität der Luft $1\frac{1}{2}$, 2, 4mal größer, wenn sie in einen $1\frac{1}{2}$, 2, 4mal engern Raum zusammengepreßt wird, als sie in der Atmosphäre einnimmt, d. h. die Dichtigkeit der Luft verhält sich wie die zusammendruckende Kraft.

In Ansehung der Verminderung der Elasticität gieng Mariotte folgender Maassen zu Werke. Er nahm eine Glasröhre von 40 Zoll Länge, welche an dem einen Ende verschlossen war. In diese füllte er Quecksilber auf $27\frac{1}{2}$ Zoll Höhe, daß folglich noch $12\frac{1}{2}$ Zoll hoch Luft von eben der Dichtigkeit, wie die äussere atmosphärische Luft, darin blieb. Hiernächst verschloß er die Oefnung der Röhre mit dem Finger, kehrte sie um, und brachte so das offene Ende unter Quecksilber, welches in einem Gefäße sich befand, 1 Zoll tief; mithin blieb über der Quecksilberfläche eine Höhe der Röhre von 39 Zollen übrig. Die Luft stieg sogleich in die Höhe; nachdem er nun die untere Oefnung wieder frey ließ, so fiel das Quecksilber herab, und die Luft im obern Theile breitete sich durch den weitern Raum aus, welcher durchs Herabsinken des Quecksilbers entstanden war. Nachdem alles ruhig stehen blieb, nahm das Quecksilber unten 14 Zoll und die Luft oben 25 Zoll von der Länge der Röhre ein. Jene Länge ist die Hälfte von der Barometerhöhe von 28 Zoll; dieser Raum aber ist doppelt so groß, als $12\frac{1}{2}$ Zoll, oder als derjenige, welchen die

Luft

Luft bey gleicher Dichtigkeit mit der atmosphärischen Luft eingenommen hatte. Mithin ward die Elasticität der Luft zur Hälfte vermindert, indem sie sich durch den doppelten Raum ausbreitete. Aus diesem Versuche ergab sich also das Gesetz, so wie es auch Boyle gefunden hatte, daß sich die Elasticität verkehrt, wie der Raum, in welchen sich die Luft verbreitet, verhalte.

Amontons[y]) hat diesen Versuch des Mariotte wiederholt, und eben diese Resultate gefunden. Auch einige englische Gelehrte[z]) fanden den nämlichen Erfolg, indem sie gläserne Gefäße unter Wasser versenkten.

Es haben zwar Maraldi[a]) und der jüngere Cassini[b]) das Gesetz, daß sich die Elasticität der Luft verkehrt wie der Raum verhalte, nicht für richtig anerkennen wollen, indem verschiedene von ihnen angestellte Beobachtungen damit gar nicht übereinzustimmen schienen; allein in der Folge hat man durch entschiedene Beobachtungen dies Gesetz, selbst auf den höchsten Bergen und bey sehr starken Verdünnungen der Luft, allemal richtig befunden. Selbst Parent[c]) ließ sich durch Versuche, die er zu verschiedenen Zeiten anstellte, verleiten, die Luft selbst nicht für elastisch zu halten; vielmehr sey die Elasticität, die man an der Luft wahrnehme, nur scheinbar, und rühre eigentlich von

y) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1705.

z) Philos. Transact. n. 73. übers. in auserles. Abhandlung. zur Naturgesch. und Physik. Leipz. 1779. 4. B. I. S. 171.

a) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1709.

b) Ibid. an. 1705.

c) Histoire de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1708.

von den ätherischen Theilchen her, welche sich allenthalben zwischen den Lufttheilchen befänden.

Man hat diesem Gesetze den Nahmen des Mariottischen Gesetzes gegeben, und dasselbe bey den Versuchen der Höhenmessungen mittelst des Barometers zum Grunde gelegt, wovon weiter unten geredet werden soll.

Daß aber das Mariottische Gesetz weder bey der Verdünnung noch bey der Verdichtung der Luft in aller Strenge richtig sey, bemerkten schon de la Hire und Jakob Bernoulli. Jener führt nämlich an, daß in höhern Luftschichten der Atmosphäre dies Gesetz nicht mehr statt finden könne, indem doch die Atmosphäre irgendwo einmal aufhören müsse, und an dieser Grenze müßte die Luft, da sie weiter keinen Druck erleide, gar keine Dichtigkeit mehr besitzen, folglich ein Körper ohne Materie seyn. Bey der Zusammendruckung der Luft erinnert Bernoulli[d]), daß sie doch nur bis zur vollkommenen Berührung der Lufttheilchen erfolgen könne, so groß auch die druckende Kraft werden möge. — Diese Bemerkungen gründen sich auf das atomistische System. —

Es mag nun die Ausbreitung der Luft so weit gehen, als sie will, so hatten doch schon Boyle's Versuche bewiesen, daß bey den verdünntesten Graden der Luft dieselbe doch immer noch eine ausdehnende Kraft besitzt, und daß überhaupt ein sehr geringer Theil eingeschlossener Luft vermöge der Elasticität beträchtliche Wirkungen hervorbringen könne. Wolf zeigte noch genauer durch Versuche die ausdehnende Kraft der Luft. Unter andern nahm er eine Schweinsblase, aus

d) De gravitate aetheris. Amstel. 1683. 8. p. 96. sq.

aus welcher er alle Luft herausgestrichen hatte, so daß nur ein ganz geringer Theil zwischen den zusammengedruckten Falten sich aufhalten konnte. Hiernächst hieng er diese Blase an den Haken in einer Glocke auf; bey den ersten Auszügen der Luft bemerkte er weiter keine Veränderung an der Blase, bey den nachfolgenden aber bließ sie sich immer mehr und mehr auf, je länger er mit dem Exantliren fortfuhr; jedoch hat er es nie dahin bringen können, daß sie sich vollkommen aufgeblasen hätte. Aus diesem Versuche erhellet also, daß eine ungemein geringe Menge Luft sich durch einen sehr großen Raum ausbreiten könne, wenn sie weiter keinen Widerstand findet. Ueberdem war hiebey eine gewisse Kraft nöthig, die zusammengefaltete Blase erst aufzublasen, und sie in diesem Zustande zu erhalten, woraus erhellet, daß sie sich noch weit mehr würde ausgebreitet haben, wenn die Blase gar nicht vorhanden gewesen wäre e).

Man fiel damals auf den Gedanken, daß vielleicht die Luft unter der Glocke nicht allein durch die ausdehnende Kraft, sondern auch durch ihre Schwere in den Cylinder der Pumpe getrieben werde, und daß man folglich beym Auspumpen der Luft auf beydes zugleich zu sehen habe. Dadurch ward Wolf veranlaßt, einen Versuch anzustellen, zum Beweise, daß man beym Exantliren nicht auf die Schwere, sondern blos auf die ausdehnende Kraft zu sehen habe. Er nahm nämlich eine messingene Röhre, die er auf den Teller seiner Pumpe schrauben konnte; nachdem er nun die Glocke darüber gesetzt, den Stempel ausgezogen, und die Luft in den Cylinder gelassen hatte, so stieß er den Stempel langsam so weit hinein, bis die im

e) Nützliche Versuche. Th. I. Cap. 5. §. 83.

im Cylinder befindliche Luft mit der äussern atmosphärischen einerley Dichtigkeit hatte. Hiernächst zählte er die Zähne an der Kolbenstange, welche ausserhalb der Luftpumpe noch frey waren. Dies that er bey allen Zügen. Hierauf hat er die Röhre vom Teller wieder abgeschraubt, und die gläserne Glocke allein aufgesetzt. Nun zählte er ebenfalls bey jedem Zuge wie vorhin die Zähne an der Kolbenstange, welche ausserhalb der Maschine blieben, wenn die im Cylinder eingeschlossene Luft mit der äussern atmosphärischen einerley Dichtigkeit hatte. Bey der Vergleichung beyder Fälle fand er alle Umstände bis auf die geringste Kleinigkeit vollkommen gleich. Nun ist aber im ersten Falle beym Gebrauche der Röhre klar, daß sich die Luft blos durch die ausdehnende Kraft ausziehen läßt; im zweyten Falle aber, wo die Röhre fehlt, auch die Schwere die Luft in den Cylinder treiben kann; und da sich in beyden Fällen nicht der geringste Unterschied fand, so schloß Wolf daraus, daß man beym Exantliren gar nicht auf die Schwere der in der Glocke eingeschlossenen Luft, sondern blos auf ihre ausdehnende Kraft zu sehen habe. Da aber dieser Versuch einigen Gelehrten der damaligen Zeit nicht einleuchtend genug zu seyn schien, so gab er von dieser Sache noch folgenden kurzes Beweis. Wenn nämlich, sagt er, die Luft nicht allein durch die ausdehnende Kraft, sondern auch durch die Schwere in den Cylinder der Pumpe getrieben würde, und es wäre z. B. im Cylinder, so weit der Stempel herausgewunden worden, so viel Raum, als unter der Glocke, so müßte nun im Cylinder mehr Luft einen eben so großen Raum erfüllen, mithin dichter, als die unter der Glocke seyn. Weil folglich auch jene Luft mehr Kraft zu drucken besitzen müßte, als die unter der Glocke, so würde sie

sich

sich vermöge ihrer ausdehnenden Kraft dahin auszubreiten suchen, wo sie weniger Widerstand finde, als sie drukke. Wenn also gleich etwas Luft durch die Schwere aus der Glocke in den Cylinder herabfiele, so würde sie doch bald durch ihre ausdehnende Kraft wieder zurückgetrieben.

Hiernächst zeigte nun auch Wolf [t]) durch einen Versuch, wie viel die ausdehnende Kraft einer geringen Menge Luft vermöge. Er hatte sich nämlich ein Gefäß von Messing machen lassen, welches 6 Zoll 3 Linien 7 Scrupel hoch und im Durchmesser 38 ½ Linien weit war. Am obern Deckel dieses Gefäßes befand sich eine Mutterschraube, um das Gefäß mit Wasser zu füllen, und ein anderes kleines Gefäß mit Luft darauf schrauben zu können. Dieses kleinere Gefäß war ebenfalls cylindrisch, hielt im Diameter 1 Zoll 5 Linien 6 Scrupel, und seine Höhe betrug 117 Scrupel. Ueberdem war unten am Boden des großen Gefäßes eine Oefnung mit einer Mutterschraube, um darin eine messingene Hülse, die wieder aufwärts gebogen war, einzuschrauben; in diese Hülse ward eine gläserne Röhre geküttet, welche nicht viel höher als das ganze Gefäß war. Nachdem er nun das Gefäß mit Wasser angefüllt, und das kleine Gefäß mit Luft auf den Deckel geschraubt hatte, stellte er es auf dem Teller der Luftpumpe, und stürzte über selbiges eine Glocke. Hierauf setzte er die Pumpe in Bewegung, und war durch fortgesetztes Exantliren im Stande, alles Wasser, welches das Gefäß enthielt, durch die ausdehnende Kraft der wenigen Luft aus der gläs-

t) Nützliche Versuche. Th. I. Cap. 5. §. 88.

gläsernen Röhre herauszutreiben. Da nun in diesem Falle die Luft sich im großen und kleinen Gefäße ausgebreitet hatte, und der ganze Raum des kleinen Gefäßes in dem Raume des großen nach Wolfs Berechnung 29 mal enthalten war, so hatte sich die Luft durch einen Raum verbreitet, der 30 mal so groß war, als derjenige, welchen sie anfänglich einnahm, mithin mußte sie auch so vielmal dünner geworden seyn. Gleichwohl ward das letzte Wasser ebenfalls nach oben durch die gläserne Röhre hinausgetrieben, also mußte die verdünnte Luft noch so viel Kraft besitzen, als zu dieser Wirkung nöthig war. Nun widersteht aber das Wasser in der Röhre der Kraft gerade so viel, als das Gewicht des im Gefäße enthaltenen Wassers ausmacht. Dies Wasser wog nach Wolfs Annahme 5 Pfund, demnach war es eben so viel, als wenn die Luft 5 Pfund mit einer solchen Geschwindigkeit in die Höhe bewegte, als das Wasser durch die Röhre herausgetrieben ward. Hieraus folgerte nun Wolf, daß eine Masse von 2 $\frac{1}{2}$ Cubikzoll atmosphärischer Luft 30 mal verdünnt noch eine so stark ausdehnende Kraft behält, daß sie ein Gewicht von 5 Pfund 6 bis 7 Zoll hoch bewegen kann.

Bey einem andern Versuche fand Wolf, daß ein Luftvolumen von der Größe einer Erbse einen Körper von 1 $\frac{1}{4}$ Pfund durch eine Höhe von drey Fuß zu treiben vermochte.

Wie weit sich die Luft verdünnen lasse, kann wohl schwerlich mit Gewißheit bestimmt werden, da bey der Verdünnung der Luft nicht allein die Elasticität derselben wirkt, sondern auch andere elastische Materien mit im Spiele sind, welche man damals freylich noch nicht in Betrachtung zog, indem man glaub-

te,

te, alles, was im verdünnten Raume zurückbleibe, sey verdünnte Luft. Gleichwohl sind die Angaben der verschiedenen Naturforscher gar sehr verschieden. So glaubte schon Boyle, bey einem Versuche die Luft auf 13000 mal verdünnt zu haben. Mariotte setzt die größte Verdünnung auf 4000, und Sengwerd nur auf 64. Dagegen sagt Amontons ganz richtig, daß uns die Grenzen der Verdünnung und Verdichtung der Luft gar nicht bekannt wären.

Vermischte Bemerkungen und Erfindungen.

Wärme, Feuchtigkeit und chemische Mischung können die Dichtigkeit der Luft auch bey gleichem Drucke, oder den Druck bey gleicher Dichtigkeit ändern. Dies erkannte man schon in diesem Zeitraume, und schloß daher auch richtig, daß das Gesetz des Mariotte blos alsdann gelte, wenn die Luft gleich warm, gleich feucht und gleich gemischt sey. Weil es aber seine großen Schwierigkeiten hat, zu bestimmen, welche Wirkung von der Wärme, welche von der Feuchtigkeit, und welche von der chemischen Mischung abhange, so läßt sich leicht begreifen, daß anfänglich in dieser Sache sehr wenig zuverlässiges ausgemacht wurde. Wie stark und nach welchem Gesetze die Wärme auf die Ausdehnung der Luft wirke, suchte Amontons [g]) durch Versuche mittelst seines Luftthermometers zuerst zu bestimmen. Er hatte gefunden, daß sein Thermometer in der Siedhitze des Wassers beständig einerley Grad Wärme zeigte. An diese Stelle setzte er die Zahl 73, weil sich die in der Kugel des Luftthermometers eingeschlossene atmosphärische Luft,

g) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1702.

Luft, welche mit einer 28 Zoll hohen Quecksilbersäule das Gleichgewicht hielt, in dem siedenden Wasser so ausdehnte, daß sie ausser dieser Quecksilbersäule noch eine andere von 45 Zollen Höhe erhalten konnte, mithin 45 und 28 zusammen 73 Zoll gab. Von diesem festen Punkte an trug er an der Röhre des Thermometers Pariser Zolle und Linien herab, welche rückwärts gezählt wurden. (Eine vollständigere Beschreibung dieses Werkzeuges weiter unten). Brachte nun Amontons dies Thermometer in die Keller der Pariser Sternwarte, so zeigte es 27 Zoll 3 Linien; mithin dehnte sich die Luft von der Temperatur dieser Keller bis zur Siedhitze des Wassers so weit aus, daß der Druck um das Gewicht einer Quecksilbersäule von 73 — 27 Zoll 3 Lin. d. i. ohngefähr um $\frac{1}{3}$ des Drucks zunahm. Andere Beobachtungen, welche er mit zwey Luftthermometern angestellt hätte, gaben ihm folgende Resultate:

1. Die Luftmassen, welche gleichen Druck leiden, erhalten bey gleicher Vermehrung der Wärme auch eine gleiche Vermehrung der Elasticität.

2. Je stärker die Luftmassen zusammengedruckt werden, desto größer wird bey gleicher Temperatur die Elasticität derselben, und zwar nimmt sie gerade wie die zusammengedruckte Kraft zu.

Amontons Luftthermometer war freylich noch ein sehr unvollkommenes Werkzeug, und daher ist es nicht zu verwundern, daß sich der Satz: die Ausdehnbarkeit der Luft wachse bey gleichen Wärmegraden gleichförmig, keinesweges bestätigt hat.

Daß die condensirte Luft nichts von ihrer Elasticität verliehre, hatte bereits Roberval durch einen oben

oben angeführten Versuch mit einer Windbüchse erwiesen (Th. I. S. 456.). Hawksbee bezweifelte aber diesen, indem er an einen Heronsball bemerkte, daß die zusammengedruckte Luft, wenn das Wasser zu springen aufgehört hatte, und er eine Zeitlang den Ball verstopft hielt, beym Wiedereröfnen noch etwas Wasser heraustrieb; hieraus schloß er nun, daß die Elasticität durch langen Druck abnehme, und erst, wenn der Druck aufhöre, nach und nach ihre vorige Stärke erlange. In der Folge aber haben entschiedene Versuche erwiesen, daß die condensirte Luft wirklich nichts von ihrer Elasticität verliehre.

Boyle [h]) erfand eine Windbüchse, welche weit größere Wirkungen, als alle andere zu seiner Zeit bekannte, that, und überdem nicht so vielen Reparaturen ausgesetzt war. Auch fand bey ihr der Vortheil statt, daß man in die Kugel, in welcher die Luft condensirt war, Objekte durch eine elliptische Oefnung hineinbringen konnte, um damit Versuche in stark verdichteter Luft anzustellen.

Otto von Guericke hatte bereits ein ziemlich vollkommenes Manometer angegeben, es aber, so wie Boyle, fälschlich als ein Barometer betrachtet (Th. I. S. 458.). Halley [i]) stellte mit diesem Instrumente verschiedene Versuche in England an, er hatte aber die Kugel vorher luftleer gemacht, um weiter keine Rücksicht auf das Gewicht der in der Kugel enthaltenen Luft nehmen zu dürfen. Durch diese seine

Ver-

h) Experiment. novor. physico-mechanicor. contin. II. Colon. Allobr. 1686. 4. p. 10.

i) Acta erudit. Lips. supplem. T. II. sect. 9. p. 435.

Versuche fand er, daß die Luft in England bey der größten Sommerwärme um $\frac{1}{13}$ dünner, und bey der größten Winterkälte um $\frac{1}{20}$ dichter sey, als bey den mittleren Temperaturen, wobey aber nicht auf die Feuchtigkeit gesehen ist.

Im Jahre 1705 gab Varignon k) ein anderes Werkzeug (ein Manometer) an, um damit die Veränderlichkeit der Dichtigkeit der Luft zu messen. Es hatte folgende Einrichtung. An einem vertikal stehenden gläsernen Gefäße (fig. 76.) bc ist eine im Zickzack gebogene Glasröhre cghe angeschmolzen, welche in ein Gefäß de von willkührlicher Gestalt mit der kurzen Röhre da sich endigt. Um nun dies Instrument bequem zu füllen, wird anfänglich bey b eine kleine Oefnung gelassen, und hernach, wenn es etwa bis g mit einer Mischung von Wasser und Weingeist angefüllt ist, wieder zugeschmolzen; das Ende a aber bleibt offen. Man sieht hieraus, daß in dem Raume bcg, welcher dem Inhalte nach bekannt ist, atmosphärische Luft von derjenigen Beschaffenheit enthalten ist, welche sie zur Zeit der Verfertigung dieses Werkzeuges hatte. Aendert sich nun die Dichtigkeit dieser Luft, so wird sie sich entweder mehr zusammenziehen oder mehr ausbreiten, welches durch das Vor- oder Rückwärtsgehen der flüssigen Fläche bey g wahrgenommen wird. Es zeigt also dieses Instrument die Dichtigkeit der in dem Raume bcg eingeschlossenen Luft an, welche sich aber keinesweges, wie Varignon glaubte, auf gleiche Art mit der Dichtigkeit der äussern Luft ändert. Denn obgleich die Wärme und Kälte der eingeschlossenen Luft mit der Wärme und Kälte der äussern einerley ist, so ist dies doch nicht der Fall bey den übrigen Ursachen, welche die

k) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1705.

die Dichtigkeit der äussern Luft ändern, nämlich Feuchtigkeit und chemische Mischung. Ueberdem hat es auch noch den Fehler, daß die Flüssigkeit in beyden Schenkeln nicht immer gleich hoch steht, und daher eigentlich den Nahmen eines Manometers gar nicht verdient.

Wolf [l]) suchte die Mängel an Varignons Manometer dadurch zu heben, daß er statt einer Mischung von Wasser und Weingeist Quecksilber gebrauchte, dessen Flächen in langen Röhren hin und her gehen. Allein auch mit dieser Einrichtung behielt es noch den Fehler, daß es nur die Dichtigkeit der eingeschlossenen, nicht der äussern Luft, anzeigte.

Ueber die Versuche, sich in die Luft zu erheben, verdient in diesem Zeitraume besonders der Vorschlag des Jesuiten Franz Lana von Brescia einige Aufmerksamkeit. Er gründet sich auf den ganz richtigen Grundsatz, daß ein Körper in die Luft aufsteigen müsse, wenn er leichter ist, als die Luft, welche mit ihm einen gleichen Raum erfüllt, und daß das Ganze specifisch leichter als die Luft sey. Des Lana [m]) Vorschlag gieng dahin, ein Schiff zu verfertigen, welches sich in die Luft erheben, und darin segeln und steuern könne. Er glaubte diesen seinen Vorschlag dadurch auszuführen, daß man 4 große Kugeln im Durchmesser 20 Fuß, die Oberfläche 1232 Quadratfuß und der körperliche Inhalt $5749\frac{1}{3}$ Cubikfuß, deren kupferne Hülle nur $\frac{1}{23}$ Linie dick seyn sollte, luftleer

l) Nützliche Versuche. Th. II. Cap. IV. §. 54.

m) Prodromo overo saggio di alcune inventioni nuove promesso all' arte maestra etc. in Brescia. 1650. fol. cap. 6. p. 52. sqq.

leer machen müsse, um dadurch eine solche Leichtigkeit zu erhalten, daß sie nicht nur in der Luft erhalten, sondern auch noch andere Körper mit sich in die Höhe nehmen könnten. Diese 4 Kugeln sollten durch Hülfe von feinen Seilen an einem mit Seegeln und Mast versehenen Schiffchen befestigt seyn, und dieses sowohl als auch Menschen mit in die Luft erheben. Um die Kugeln luftleer zu machen, wollte er sie mit Wasser füllen, dasselbe wieder auslaufen lassen, und dann sogleich den Hahn verschließen. Endlich wollte er gar die Dicke der kupfernen Kugelhülle gar nur $\frac{1}{68}$ Linie dick nehmen. Seine übrigen Voraussetzungen und Schlüsse, durch welche er die Möglichkeit seines Vorschlages begreiflich machen wollte, übergehe ich gänzlich, weil schon Hooke und andere damalige Physiker die Unmöglichkeit dieses Vorschlags bewiesen.

Sturm übersetzte Lana's Vorschlag aus dem Italiänischen ins Lateinische, und suchte selbigen etwas zu erläutern [n]). Er zeigte durch einen Versuch, daß nach gewissen Vorrichtungen ein Körper in einer specifisch leichtern flüssigen Materie allerdings gehoben werden könnte. Er machte nämlich ein kleines Schiff von Wachs, legte darin so viel Bley und Eisen, bis es im Wasser untersank. An dem Hinter- und Vordertheile dieses Schiffchens befestigte er in vertikaler Richtung 4 gleiche Säulchen, auf welche er zwey hohle gläserne Kugeln, die Luft hielten, brachte. Mit Hülfe dieser Kugeln konnte er das Schiffchen schwimmend erhalten. Auch mit einem bleyernen Schiffchen glückte ihm dieser Versuch. Daraus schloß nun Sturm, daß es gar wohl möglich seyn könne, in der Luft zu schiffen, nur komme es darauf an, eine so große

n) Colleg. experim. s. curiosum. tentam X. und append.

ße Kugel so luftleer als möglich zu machen, und sie aus einer solchen festen zusammenhangenden Materie zu verfertigen, daß sie specifisch leichter als Luft wäre, damit sie in dieser schwimme, so wie die gläsernen Kugeln, welche doch Luft enthielten, auf dem Wasser schwömmen. Zuletzt bemerkt er auch noch, daß Andere es nicht für unmöglich hielten, in der Luft zu schiffen.

Nachdem Lana's Vorschlag durch Sturms Bemühungen allgemeiner bekannt geworden war, so schrieb Philipp Lohmeier, Prof. zu Rinteln, eine eigene Abhandlung über die Möglichkeit der Luftschiffahrt [o]). Allein schon Morhof [p]) urtheilte von ihm ganz richtig, daß er seine Vorschläge beynahe wörtlich aus Lana's Schrift abgeschrieben, ohne ihn zu nennen, und vornehme Herrn zur Ausführung derselben aufgerufen habe. Er sagt, der Grund der ganzen Kunst bestehe darin, ein Gefäß zuzubereiten, welches sich frey überlassen in der Luft aufsteige. Könnte man also ein solches Gefäß verfertigen, welches viel leichter wäre, als ein gleiches Volumen Luft, so würde es sich in die Luft erheben, und zwar um desto geschwinder und höher, je mehr es die Luft an Leichtigkeit übertreffe. Hieben findet er aber Schwierigkeiten, eine solche Materie zu finden, welche bey einer gewissen Form in die Atmosphäre aufsteigen könne. Er schlägt zwar Glas dazu vor, bemerkt aber, daß man in den Glasarbeiten noch nicht so weit gekommen sey, um Kugeln von gehörigen Weiten verfertigen zu können, und zweifelt, daß solches je zu hoffen sey.

Ich

o) Exercitat. physica de artificio navigandi per aërem. Rint. 1676. 4.

p) Polyhist. T. II. lib. II. P. II. cap. IV. §. 4.

Ich würde in der That meinen Lesern wenig Unterhaltung verschaffen, wenn ich von den Vorschlägen, welche diese angeführten Männer zur Luftschifferey thaten, noch mehr anführen wollte. Denn an der Ausführung selbst war nicht zu denken, indem diese ihnen selbst eben so schwierig vorkam, als es ihnen leicht war, die Möglichkeit theoretisch zu zeigen. Sie sahen ganz richtig ein, daß diese Kunst wirklich auszuführen sey, wenn man dem Ganzen, das in die Atmosphäre aufsteigen soll, eine solche Leichtigkeit geben könne, daß es weniger wiege, als ein gleiches Luftvolumen. Es waren ihnen aber die Mittel noch nicht bekannt, durch welche dies wirklich ins Werk gerichtet werden könne.

Bewegung der Luft.

Daß die Theorie von der Bewegung der Luft mit großen Schwierigkeiten verbunden sey, ist sehr leicht zu begreifen, indem so mancherley Ursachen auf die Luft wirken können, die schwer zu entdecken sind. Die Bewegungen in der Atmosphäre, oder die Winde, hat man von jeher besonders durch die verschiedene Einwirkung der Sonnenwärme zu erklären gesucht; allein man erkannte auch bald, daß sich unmöglich alle Winde daher ableiten lassen. Cartesius suchte daher die Entstehung der Winde durch die Erscheinungen der Dampfkugel begreiflich zu machen. Mariotte [q]) widerlegte aber schon diese Meynung, und bewies sehr richtig, daß sich im Luftkreise gar keine so heftige Verdampfung des Wassers durch Hitze, und keine ähnliche Sperrung der erzeugten Dämpfe, wie bey der Dampfku-

q) Traité du mouvement des eaux. P. I. disc. III. in d. Oeuv. p. 341. sqq.

kugel, gedenken lasse. Mariotte giebt vielmehr folgende drey Hauptursachen über die Entstehung der Winde an:

1. Die Bewegung der Erde von Abend gegen Morgen, oder die scheinbare Bewegung des Himmels von Morgen gegen Abend.

2. Die abwechselnden verdünnten Luftmassen durch die Sonnenwärme, und ihre Verdichtung, sobald die Sonne sie nicht mehr erwärmen kann.

3. Die verschiedenen Stellungen des Mondes in der Erdnähe und Erdferne.

Zu den vorzüglichsten besondern Ursachen, welche die Hauptursachen der Winde nach Verschiedenheit der Orte und der Zeit bald vermehren bald vermindern, rechnet er:

1. Gewisse ausserordentliche Ausdünstungen und Verdampfungen.

2. Große Regengüsse, oder starke Hagelwetter.

3. Die Hervorbrechung häufiger schweflichter und salpeterartiger Ausdünstungen bey den Erdbeben.

4. Die reichhaltigen Quellen, welche am Fuße der mit Schnee bedeckten Berge entspringen.

Den beständigen Ostwind in der heißen Zone leitet Mariotte von der Umdrehung der Erde um ihre Axe ab, welche die Stellen des Aequators schneller herumführt, als die Punkte der Parallelkreise. Durch diese Bewegung wird nun der nahe an der Erdfläche befindlichen Luft eine Bewegung mitgetheilt, welche aber etwas langsamer erfolgt, als die Stellen der Erdfläche, daher müsse es den Bewohnern der heissen Zone vorkommen, als ob ein beständiger Ostwind wehe.

he. Unter dem nördlichen Wendekreise aber herrsche gewöhnlich der Nordostwind, und unter dem südlichen Wendekreise der Südostwind. Diese Winde leitet Mariotte aus der Einwirkung der Sonnenwärme ab. Wenn nämlich die Sonne im nördlichen Zeichen stehe, so erwärme sie nicht allein eine sehr große Luftmasse, sondern auch die darunter liegenden Stellen der Erdfläche; dagegen sey aber die unter den südlichen Zeichen befindliche Luft durch den daselbst herrschenden Winter condensirt; daher müsse nothwendig eine Bewegung der Luft von Mittag gegen Mitternacht statt finden, diese verbinde sich mit dem beständigen Ostwinde, und es entstehe daher ein zusammengesetzter Wind, oder ein Nordostwind. Unter den südlichen Zeichen erfolge gerade das Gegentheil, und es wehe daselbst ein Südostwind.

Daß nach den Berichten der Seefahrer auf dem Ocean zwischen dem 27 und 40 Grad Breite ein beständiger Westwind wehe, sucht Mariotte zum Theil daraus zu erklären, daß daselbst die Luft eine größere umdrehende Geschwindigkeit, als unsere Erde erhalten könne, zum Theil auch daher, daß der beständige Ostwind an den hohen Bergen von Amerika zurückgeworfen werde.

Die periodischen abwechselnden Land- und Seewinde an den Küsten der heissen Zone, da nämlich zur Nachtzeit der Wind vom Lande abwärts gegen die See zu, am Tage aber vom Meere her gegen das Land zu wehet, erklärt er aus der ungleichen Erwärmung und Abkühlung der Land- und Seeluft. Er meint nämlich, nach Untergang der Sonne werde die Seeluft stark verdichtet, indem sie sich schnell abkühle, da indessen das Land noch eine lange Zeit seine Wärme be-

hal-

halte und die darüber liegende Luft sich nach und nach verdichte, und zwar anfänglich viel weniger als die Seeluft; daher müsse die Luft vom Lande gegen die See hingehen, um die Räume wieder auszufüllen, welche durch die Verdichtung der Seeluft entstanden wären. Beym Aufgange der Sonne aber erfolge gerade das Gegentheil.

Auf eben diese Art erklärt er die abwechselnden Winde, welche nach der Erzählung der Reisenden längst des mittelländischen Meeres wehen, und etwas ähnliches mit der Ebbe und Fluth zeigen, indem nämlich des Morgens bis gegen die Mitte des Nachmittags der Ostwind, nachher aber wieder bis auf den folgenden Tag der Westwind wehet.

Auch hatte Mariotte aus verschiedenen Beobachtungen wahrgenommen, daß zu Paris und andern nahe gelegenen Orten die Winde binnen 15 Tagen von allen möglichen Weltgegenden herwehen, und binnen dieser Zeit einen ganzen Umlauf machen, welcher mit dem Gange des Mondes übereinzustimmen scheint. Zur Zeit des Neumondes herrscht nämlich fast allemal der Nordwind, welcher sich binnen drey oder vier Tagen gegen Osten wendet, ferner nach Süden, hierauf nach Westen, und endlich im Vollmond wieder nach Norden. Diese Erscheinungen leitet er von der Stellung des Mondes gegen die Erde her. Er setzt nämlich voraus, daß der Mond in der Atmosphäre unserer Erde schwimme. Bey seinem Fortgange müsse er also eine große Menge Luft nach sich ziehen, mithin verursachen, daß Luft nachfließen müsse, um das Gleichgewicht der Atmosphäre wieder herzustellen. Nach dem verschiedenen Stande des Mondes müsse also die Bewegung der Luft verschieden seyn.

Uebri-

Uebrigens bemerkt er ganz richtig, daß vorzüglich in den gemäßigten und kalten Zonen die unbeständigsten Winde herrschten. Diese Winde sucht er durch die besondern Localumstände, und vorzüglich aus den besondern Ursachen, welche eben angeführt sind, als durch Ausdünstungen, starke Regengüsse, Quellen am Fuße hoher mit Schnee bedeckter Berge u. s. w. zu erklären, als welche besonders örtliche Verdünnungen und Verdichtungen der Luft zuwege brächten, und daher unendlich verschiedene Winde veranlaßten.

Halley r) leitete die beständigen Winde zwischen der heissen Zone aus der Erwärmung der Atmosphäre auf folgende Art ab. Weil sich die Sonne beständig zwischen den Wendekreisen von Osten nach Westen bewegt, so wird die Luft an demjenigen Orte, in dessen Scheitel sie steht, am stärksten erwärmt, und die daselbst befindliche Luftsäule verdünnt. Dadurch müsse sich aber der ganze Theil der Atmosphäre erheben, und nach oben auf allen Seiten abfließen. Wegen der Wiederherstellung des Gleichgewichts müsse nun die untere kältere Luft von allen Gegenden zufließen; diese werde aber durch die Sonne wieder erwärmt, und es müsse abermals kältere Luft von unten herbeykommen u. s. f. Da sich aber der Ort, wo dieses geschehe, verändere, und mit der Sonne vom Morgen gegen Abend fortrucke, so ergieße sich die erwärmte Luftsäule vorzüglich gegen Morgen zu, und es bewege sich dagegen die untere kältere Luft besonders vom Morgen gegen Abend; daher an denjenigen Orten, über welche die Sonne gerade hindurchgehe, und in der Nähe derselben

r) An historical account of the trade-winds and monsoons observable in the seas between and near the tropiks in d. Philos. Transact. n. 183. p. 153.

selben ein beständiger Ostwind bemerklich seyn müsse. Dieser Wind müsse sich aber auch nach dem Stande der Sonne in der Ekliptik richten, und daraus erkläre sich, daß sich dieser Wind nordwärts der Linie mehr nach Nordost, und südwärts derselben mehr nach Südost ziehen müsse.

Von den periodischen Winden, welche man Passatwinde oder Mussons nennt, hat Halley Nachrichten aus den Erzählungen der Ostindienfahrer und der ältern Geographen gesammlet. Diese Winde richten sich nämlich nach gewissen Jahrszeiten, indem sie eine Zeit des Jahres hindurch nach einer gewissen Richtung, die andere Zeit aber nach gerade entgegengesetzter Richtung wehen. Halley suchte sie aus den verschiedenen Stellungen der Sonne nach den Jahrszeiten zu erklären, wobey er aber auch zugleich auf die Beschaffenheit des Bodens, auf die Lage der Gebirge u. d. g. Rücksicht genommen hat. Nach ihm wird durch die Erwärmung der Luft in Arabien, Persien und Indien vom April bis zum September ein Wind verursacht, der dem allgemein in diesen Gegenden herrschenden Nordost entgegengesetzt ist, mithin ein Südwestwind; dagegen der Nordost im Winter durch die Kälte der mit Schnee bedeckten Gebirge noch mehr verstärkt werde.

Wolf hat sich eine Theorie der Winde als eine Erfindung zugeeignet, welche sich auf die Ungleichheit der ausdehnenden Kraft der Luft in benachbarten Orten gründet. Nach seiner Erzählung ist er auf folgende Art darauf gekommen. Nachdem er sich nämlich überzeugt hatte, daß der Wind nichts anders als eine Bewegung der Luft sey, so fiel ihm gleich der Gedanke ein, daß es eine Ursache geben müsse, welche die Luft

in Bewegung setze: Bey den Flüssen habe er gefunden, daß ihre Bewegung von der Schwere herrühre; allein diese konnte kein zureichender Grund bey der Bewegung der Luft seyn, indem es mit der Luft eine ganz andere Beschaffenheit, als mit den Flüssen, habe. Indessen fand er keine äussere Ursache der Bewegung der Luft, wie bey den Flüssen, daher muthmaßte er, es müsse dabey auf eine innere Eigenschaft der Luft ankommen. Nun war ihm aus Versuchen von der Luft bekannt, daß sie ausser der Schwere eine ausdehnende Kraft besitze, welche sich vermehren und vermindern lasse, auch wenn die Luft in einem Orte verbleibe, und daß sie im Experimentiren sich dahin bewege, wo sie am wenigsten Widerstand finde. Daher stellte er sich die Luft über zwey benachbarten Ländern vor, und setzte, daß die ausdehnende Kraft in einem Orte unverändert blieb, in dem andern hingegen sich entweder vermehrte oder verminderte, so war es ihm einleuchtend, daß dadurch eine Bewegung der einen in die andere entstehen müßte. Er untersuchte, ob diese Bewegung ein Wind seyn könnte, und fand sie schnell genug dazu. Dabey zog er auch das Barometer zu Rathe, und er glaubte, daß dies damit zusammenstimmte; daher meinte er auf den richtigen Weg gekommen zu seyn.

Um sich nun zu versichern, ob ein Wind entstehe, wenn die Luft in einem Orte dünner und dadurch ihre ausdehnende Kraft geringer werde, stellte Wolf folgende Versuche an. Er hieng einen leichten Körper an einem Faden in einer gläsernen Glocke auf, und verdünnte die darunter befindliche Luft; als er nun die äussere Luft wieder hineinströmen ließ, so ward der leichte Körper hin und her bewegt, bis diese Bewegung zuletzt aufhörte. Daraus war also klar, daß die äussere dich-

dichtere Luft vermöge ihrer ausdehnenden Kraft mit Gewalt in den verdünnten Raum getrieben wurde, und dadurch einen Wind verursachte. Ferner machte er in einer gläsernen Kugel, in die er leichte Körper gebracht hatte, die Luft etwas dünner, und verschloß den daran befindlichen Hahn. Nachdem er nun denselben in der atmosphärischen Luft wieder öfnete, so drang die äussere Luft mit Gewalt hinein, und trieb die leichten Körper im Wirbel herum. Diese Versuche überzeugten Wolfen, daß die Ungleichheit der ausdehnenden Kraft der Luft an zwey benachbarten Oertern einen Wind verursache, sie mag entweder daher entstehen, daß die ausdehnende Kraft an dem einen Orte zunimmt, oder daher, daß sie in einem Orte vermindert worden. Auch stimmten hiemit sehr gut die Barometerveränderungen beym windigen Wetter zusammen. Er hatte nämlich beobachtet, daß bisweilen das Quecksilber schnell um einige Grade herabfalle, ehe der Wind entsteht, manchmal aber ein Wind sich erhebt, ohne daß sich eine Veränderung am Barometer zeigt. Da nun im erstern Falle die Luft viel leichter geworden sey, so müsse auch dadurch ihre ausdehnende Kraft abgenommen haben; im andern Falle hingegen habe die Luft ihre Schwere unverändert behalten, und deßwegen sey auch keine Veränderung in der Größe der ausdehnenden Kraft vorgegangen. Daher müsse die Luft in einem andern Orte eine größere ausdehnende Kraft erhalten haben, wo der Wind hergeblasen. Wen man darauf achte, wie das Quecksilber im Barometer zu der Zeit stehe, da sich ein Wind erhebt, so könne man dadurch urtheilen, welche von beyden Ursachen des Windes statt finde. Uebrigens läßt sich Wolf nicht darauf ein, auf welche Art in der Natur die Un-

gleichheit in der ausdehnenden Kraft der Luft hervorgebracht werde; es ist ihm schon genug, gezeigt zu haben, daß auf solche Art wirklich ein Wind entsteht. Indessen scheint er doch geneigt zu seyn, die Ursache dieser Ungleichheit vornemlich von der Sonnenwärme herzuleiten [s]).

Ueberhaupt haben alle, welche in diesem Zeitraume von den Winden geschrieben haben, die Sonnenwärme als die vornehmste Ursache der Erzeugung der Winde betrachtet. Indessen erkannte Mariotte schon, daß diese besonders bey den veränderlichen Winden nicht zureiche. Aus der Erfahrung war ihm bekannt, daß z. B. bey starken Regengüssen und Hagelwettern gewöhnlich große Stürme zugegen sind; allein seine Erklärung über die Entstehung dieser heftigen Winde war keinesweges befriedigend. Die damaligen meteorologischen Beobachtungen waren bey weitem noch nicht mit gehöriger Genauigkeit angestellt, um von allen Umständen, welche bey Entstehung der Winde wahrgenommen werden, Rechenschaft geben zu können. Ueberdem waren die mechanischen Eigenschaften der Luft noch nicht sehr lange bekannt geworden, und man glaubte daher, die Winde aus selbigen ganz mechanisch erklären zu können. Ohne Zweifel aber entstehen in der Atmosphäre manche chemische Processe, welche zur Erzeugung der Winde Veranlassung geben. Die folgenden Entdeckungen werden dies mit der größten Wahrscheinlichkeit beweisen.

Um die Richtung des Windes bemerken zu können, hat man schon längst hiezu die gewöhnlichen Wetterfahnen auf den Thürmen und Häusern gebraucht.

Sie

r) Elementa aërometriae 1709. prop. 105. sqq.

Sie dienen aber zu genauen Beobachtungen über die Richtung des Windes nicht, und sind für einen Beobachter, der sich in einem Zimmer befindet, unbequem. Daher hat man andere Einrichtungen angegeben, um die Richtung des Windes genauer und im Zimmer selbst beobachten zu können. Eine solche beschreibt Ozanam[s]). Es ist nämlich die Wetterfahne an einer beweglichen Spindel fest, welche mit der Fahne zugleich umgedreht wird. Diese Spindel geht durch das Dach bis an die Decke des Zimmers, worin man die Beobachtungen anstellen will, und ist unten mit einem Getriebe versehen. Dieses Getriebe greift in ein vertikal stehendes Kronrad ein, dessen Axe horizontal durch die Wand geführt wird, und einen Zeiger trägt, welcher den Wind auf einer an der Wand gezeichneten Windrose bezeichnet. Das Getriebe besitzt eben so viele Zähne, als das Rad, folglich macht eine Umdrehung des Rades auch eine Umdrehung des Zeigers aus, und nachdem sich die Fahne gegen verschiedene Punkte des Horizonts wendet, kehrt sich auch der Zeiger gegen die gleichnahmigen Punkte der Windrose. Wenn daher einmal der Zeiger richtig gestellt ist, und die Fahne immer beweglich genug erhalten wird, so läßt sich durch diese Einrichtung die Richtung des Windes mit großer Bequemlichkeit beobachten.

Leupold[t]) hat mehrere Abänderungen dieses Instruments unter dem Nahmen der Plagoskope beschrieben, unter welchen besonders eine kleine portative Windfahne die merkwürdigste ist. Sie ist nämlich

s) Recréations mathematiques. T. II.

t) Theatr. aerostat. s. theatrum static. univers. P. III. Cap. X.

lich auf einen Compaß gesetzt, welchen man überall aufstellen kann, um die Abweichung des Windes von der Richtung der Magnetnadel zu bemerken.

Man hat auch auf Vorrichtungen gedacht, die Geschwindigkeit und Stärke des Windes damit zu messen, welche Anemometer oder Windmesser genannt werden. Wolf[u]) beschreibt ein Anemometer, welches aus einer Welle mit vier kleinen Windflügeln besteht. Diese Welle ist mit einigen Schraubengängen versehen, welche als Schraube ohne Ende in ein Stirnrad eingreifen. Mit der Axe dieses Stirnrades ist der Arm eines Hebels rechtwinklicht verbunden, und am Ende desselben ein Gewicht angebracht. Wenn gar kein Wind geht, so steht dieser Arm lothrecht herabwärts; beym Umlaufe des Flügels aber wird er mit der Axe des Rades umgedreht, und das Gewicht gehoben. Weil nun auf solche Art auch das Moment des Gewichts wächst, so kann es jeder Windstoß nur auf eine gewisse Höhe heben. Wenn aber die Stärke des Windstoßes nachläßt, so bleibt das Gewicht stehen, weil das Stirnrad die Schraube ohne Ende nicht zurückdrehen kann. Erfolgt ein noch stärkerer Windstoß, so dreht dieser das Rad noch ein wenig fort, und hebt dadurch den Hebelarm mit dem Gewichte noch etwas weiter. Zuletzt zeigt also dieses Werkzeug die Wirkung des stärksten Windstoßes an, welcher während der Zeit seiner Aussetzung in den Wind die Flügel getroffen hat. Die Größe dieser Wirkung wird an Wolfs vorgeschlagenen Anemometer durch einen Winkel bestimmt, den ein Zeiger an der Axe des Stirnrades an einem in seine Grade getheilten Quadranten angiebt. — Die eigentliche Stärke und

u) Elementa aërometriae. 1709. prop. 109.

und Geschwindigkeit des Windstoßes aber müßte erst durch die Einrichtung der ganzen Maschine berechnet werden; allein hiezu ist bis jetzt die Theorie des Windstoßes auf die Windflügel noch nicht aufs reine. Ueberdem würde dieses Anemometer nur dazu dienen, die Stärke der heftigsten Windstöße zu beurtheilen, und gleichwohl kann es nützlich seyn, die mittlere Geschwindigkeit des Windes auf eine oder etliche Stunden zu wissen, welche an diesem Instrumente nicht wahrgenommen werden kann.

Leupold [v]) hat das Wolfische Anemometer ebenfalls nebst verschiedenen andern Einrichtungen beschrieben, welche aber alle, wie das Wolfische, der Absicht kein Genüge leisten.

Ein weit bequemeres und einfacheres Anemometer wird in den Philosophischen Transaktionen (num. 24. p. 444.) zum erstenmale ohne Benennung des Erfinders angegeben. Die Einrichtung desselben ist folgende: In dem Winkelpunkte eines in seine Grade getheilten Quadranten ist ein Stab, dessen Ende eine ebene Fläche trägt, gegen welche der Wind stößt, beweglich. Bey völliger Windstille hängt dieser Stab mit der ebenen Fläche vertikal; beym entstehenden Winde aber wird diese Fläche aus der vertikalen Lage gebracht und erhoben. Aus dem Winkel, welchen sie durchläuft, läßt sich alsdann die Stärke und Geschwindigkeit des Windes bestimmen.

Mariotte setzte die Geschwindigkeit des heftigsten Windes auf 32 Fuß in einer Sekunde; allein schon

v) Theatr. machinar. generale §. 347. u. f. S. 141. imgl. Theatr. aerost. cap. X. p. 801. u. f.

schon Derham [w]) beobachtete einen Sturm von 66 engl. Fuß Geschwindigkeit, wodurch eine steinerne Säule von 12 Fuß Höhe, 5 Fuß Breite und 2 Fuß Dicke abgebrochen ward. Ein andermal fand er die Geschwindigkeit 81 Fuß in einer Sekunde. Nach der Zeit hat man die Geschwindigkeit noch größer gefunden.

Zweytes Kapitel.

Meynungen und Entdeckungen in der Lehre von den schwingenden Bewegungen schallender und klingender Körper.

Schall, Ton, Klang.

Der P. Mersenne hatte bereits ganz richtig die Verschiedenheit der Töne in die verschiedene Anzahl der Schwingungen der Saiten in einer bestimmten Zeit gesetzt, und zugleich wahrgenommen, daß eine klingende Saite ausser dem Grundtone noch ein Paar andere Töne von sich gab (Th. I. S. 467. u. f.). Nur wußte er noch nicht zu erklären, aus welcher Ursache das Mitklingen dieser Töne erfolge. Erst im Jahre 1701. untersuchte Sauveur [x]) diesen Gegenstand genauer. Er nennt diejenigen Töne, welche eine gespannte Saite ausser dem Grundtone noch hören läßt, harmonische Töne. Um nun die Eigenschaften dieser Töne näher kennen zu lernen, giebt er folgende Vorschriften. Es sey (fig. 77.) ab die Saite eines Monochords, diese theile man in eine Anzahl beliebiger gleicher Theile, z. B. in fünf, ein. Versetzt man

w) Philos. Transact. num. 114.

x) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris, an. 1701.

man nun diese Saite in einen schwingenden Zustand, so wird sie ihren eigenen Ton, den Grundton, angeben. Sobald dies geschehen ist, halte man ganz gelinde einen feinen Körper, z. B. die Spitze einer Feder, an einen dieser Theilungspunkte, z. B. an d; so wird man hier nun ausser dem Grundtone auch die Decimeseptime vornehmlich hören.

Um den Grund dieser Wirkung einzusehen, macht Sauveur folgende Bemerkung. Wenn die Saite ab geschnippt wird, so verrichtet sie schwingende Bewegungen in der ganzen Länge derselben; wenn man aber einen Körper an den Theilungspunkt d hält, so theilt sich sogleich die Länge des Schwunges in die beyden Längen ad und db. Da nun ad = $\frac{1}{5}$ ab oder = $\frac{1}{4}$ db, so wird ad 5 mal geschwinder schwingen als die ganze Saite ab, oder 4mal geschwinder als der Theil db. Der Theil da zieht beym Schwingen den nächsten Theil de gleichsam mit sich fort, und zwingt ihn, gleiche Schwingungen mit dem Theile da zu vollenden, so daß also de = da ist; denn wäre de größer als da, so müßte de langsamer schwingen, und wäre de kleiner als da, so müßte de geschwinder als da schwingen. Eben so theile de seine schwingende Bewegung dem Theile ef, dieser seine dem Theile fg u. s. f. mit. Daraus folgt also, daß die Saite ausser dem Grundtone noch die Decimeseptime hören läßt. Die Punkte a, d, e, f, g, b heissen **Schwingungsknoten**.

Würde der feine Körper c an den Theilungspunkt e gehalten, so würde die Saite ausser dem Grundtone noch den nämlichen harmonischen Ton geben. Denn 1. wird dadurch die Länge des ganzen Schwunges auf zwey andere Längen ae und eb gebracht,

bracht, 2. ist die schwingende Bewegung von a e geschwinder als die von e b, und theilt dem Theile e g = e a eine gleiche schwingende Bewegung mit, und 3. schwingt der Theil g b = $\frac{1}{2}$ e g = $\frac{1}{2}$ a e noch einmal so geschwind als e g oder e a. Dieser Theil b g theilt also dem Theile g f = e g eine gleichmäßige schwingende Bewegung mit, der Theil g f dem Theile f e u. s. f., so daß also die ganze Saite a b durch ihre schwingende Bewegung in gleiche Theile getheilt wird, wenn man einen leichten Körper an den Theilungspunkt e hält.

Von diesen verschiedenen Schwingungsarten der Saiten kann man sich sehr leicht überzeugen 1. durchs Gehör, und 2. durchs Gesicht. Denn wenn man die ganze Saite in gleiche Theile, z. B. in fünf, theilt, und eine kleine bewegliche Hülse entweder in den Theilungspunkt d, oder in e bringt, ausserdem aber kleine Stückchen schwarz Papier in die Punkte e, f, g, und andere Stückchen weiß Papier in die Mitte dieser gleichen Theile, so wird man beym Schnippen dieser Saite a b wahrnehmen, daß die Stückchen weiß Papier herabgeworfen werden, die Stückchen schwarz Papier aber, welche auf den Schwingungsknoten liegen, auf der Saite unverändert bleiben.

Aus dem angeführten machte nun Sauveur folgende Schlüsse und Bemerkungen:

1. Wenn ein gewisser harmonischer Ton durch Anlegung eines feinen Körpers in d an eine Saite a b zuwege gebracht wird, so muß dieser Ton einerley bleiben, man mag den leichten Körper in einen Schwingungsknoten bringen, in welchen man will, oder man mag alle Schwingungsknoten damit versehen.

2. Hält

2. Hält man nach Hervorbringung eines harmonischen Tones einen leichten Körper an irgend eine Stelle zwischen zweyen Schwingungsknoten einer in schwingende Bewegung versetzten Saite, welcher diesen Theil in gleiche, z. B. drey, theilt, wenn die ganze Länge der Saite 5 gleiche Theile halte, so wird dadurch ein harmonischer Ton entstehen, welcher der 15te des Grundtons ist.

3. Auch läßt sich an einer gespannten Saite ein harmonischer Ton, ohne an die Saite einen leichten Körper zu bringen, hervorbringen, a. wenn man diese Saite mit einer andern, welche mit jener im Einklange irgend eines ihrer harmonischen Töne ist, berührt, b. wenn die erste Saite nicht im Einklange mit einem der harmonischen Töne der andern ist, so werden sie sich vermöge ihrer Schwingungen in solche harmonische Töne vertheilen, welche die größten gemeinschaftlichen Maasse der Grundtöne beyder Saiten sind.

4. Der harmonische Ton wird desto vernehmlicher seyn, je größere Schwingungen er macht u. s. f.

Sauveur [y]) fand aus Erfahrungen, daß eine Orgelpfeiffe von ohngefähr 5 Fuß Länge einen Ton gab, welchem in einer Sekunde 100 Schwingungen zugehören. Er schlug vor, diesen Ton zum fixen Ton anzunehmen, um dadurch ein absolutes Tonmaas auf die Nachwelt zu bringen. Ferner fand Sauveur, daß eine Orgelpfeiffe von 40 Fuß Länge den tiefsten noch zu unterscheidenden Ton angab. Da also diese Pfeiffe jene von 5 Fuß 8 mal in Ansehung der Länge übertraf, so folgt, daß dem tiefsten Tone, welchen das Ge-

y) Histoire de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1700.

Gehör noch unterscheiden kann, in einer Sekunde $12\frac{1}{2}$ Schwingungen zugehören. Eben so fand Sauveur das Verhältniß der Längen der Pfeiffen, wovon die eine 100 Schwingungen in 1 Sekunde vollendet, und die andere den feinsten noch zu unterscheidenden Ton gab, wie 1 zu 64; mithin gab diese kleinste Pfeiffe einen Ton, welchem in einer Sekunde 6400 Schwingungen zukommen. So schloß also Sauveur die Töne, welche das Gehör unterscheiden kann, in die Grenzen von $12\frac{1}{2}$ und 6400 Schwingungen in einer Sekunde ein. Sauveur's Vorschlag, denjenigen Ton, welcher in einer Sekunde 100 Schwingungen vollendet, als fixen Ton anzunehmen, hat freylich von den Musiklehrern keinen Beyfall gefunden, indem es große Schwierigkeiten hat, zu einer solchen wichtigen Bestimmung die dazu erforderlichen spannenden Kräfte und Längen der Saiten genau zu finden. Nach Eulers Schätzung kommt dieser Ton nicht einmal unter den in unserer Musik gebräuchlichen Tönen vor.

Aehnliche Untersuchungen über die verschiedenen Schwingungsarten der Saiten stellte nach Sauveur Brook Taylor [z]) an.

Von jeher hatte man die Bewegung, in welcher das Wesen des Schalles besteht, für ein Zittern der kleinsten Theile des schallenden Körpers angesehen. Diese Meynung haben vorzüglich Perrault [a]), Carré [b]) und de la Hire [c]) mit verschiedenen Gründen und Versuchen zu unterstützen gesucht. So glaubte man, daß der Klang, den eine Saite giebt, nicht von dem Schwin-

z) Methodus incrementorum. Lond. 1715. 4.

a) Essai de physique.

b) Mémoir. de l'Acad. roy. des scien. de Paris. an. 1709.

c) Ibid. an. 1716.

Schwingen der ganzen Saite, sondern von dem dadurch veranlaßten Zittern ihrer kleinsten Theile abhange. Zum Beweise, daß das Zittern der kleinsten Theile nothwendig bey klingenden Körpern da seyn müsse, führt de la Hire unter andern Versuchen besonders folgenden an. Wenn man die elastischen Schenkel einer Feuerzange zusammendruckt, und sie schnell fahren läßt, so schwingen sie ohne zu klingen; werden sie aber von aussen her an einen harten Körper gestoßen, so geben sie augenblicklich einen Klang. Hieraus schließt er nun, daß der Schall nicht durchs Schwingen der ganzen Schenkel entstehen könne, welches der Stoß an harte Körper eher vermindern müßte, sondern aus dem Zittern der Theilchen, welches der Stoß hervorbringt. Auf eben diese Art oscillirt eine stählerne Gabel, welche man locker zwischen zweyen Fingern hält, und damit auf den Teller schlägt, ohne zu klingen, sobald man aber gleich nach dem Anschlagen auf dem Teller den Heft der Gabel an einen harten Körper bringt, so giebt sie einen Klang. Wenn ferner eine klingende Saite einen Dämpfer berührt, so hört der Klang auf, obgleich die Saite noch immer fortschwingt; wird aber ein Schlüssel daran gehalten, an welchen sie beym Schwingen stößt, so fängt der Klang von neuem an. — Allein alle diese Erscheinungen sind keine Beweise für den Satz, daß das Wesen des Schalles in dem Zittern der kleinsten Theilchen der klingenden Körper bestehe. Vielmehr lassen sie sich richtiger so erklären. Die Schwingungen der ganzen Schenkel der Feuerzange, der ganzen Gabel, der gedämpften Saite u. s. f. sind zu langsam, um einen Klang zuwege zu bringen; durchs Anstoßen derselben an einen harten Körper aber werden die Schwingungsknoten verändert, wodurch die schwingenden Theile

le

le verkürzt werden, und daher schnellere Schwingungen entstehen, die einen Klang hervorzubringen im Stande sind.

Wenn wir einen Schall durchs Gehör empfinden sollen, so muß das elastische Mittel, in welchem sich der Schall fortpflanzt, ebenfalls in eine schwingende Bewegung versetzt werden. Die Theorie dieser Bewegung in elastischen flüssigen Mitteln hat Newton d) zuerst auf bestimmte Grundsätze gebracht. Er nennt solche Bewegungen, welche man mit dem gewöhnlichen Nahmen der wellenförmigen Bewegungen belegt, Schläge (pulsus), und beschreibt ihre Natur sehr deutlich mit folgenden Worten: pulsus propagari concipe per successivas condensationes et rarefactiones medii, sic ut pulsus cujusque pars densissima sphaericam occupet superficiem circa centrum sonorum descriptam, et inter pulsus successivos aequalia intercedant intervalla e). Hiernach läßt sich also die fortpflanzende Bewegung des Schalles in einem elastischen flüssigen Mittel so vorstellen. Es sey (fig. 78.) a eine schwingende Saite, welche die elastische Luft bey a gegen b treibt, hierdurch werden a und b gegen c, diese drey gegen d, diese vier gegen e getrieben. Es widerstehen aber a, b, c, d wegen ihrer Elasticität, mithin wird die Luft immer dichter, bis endlich bey e ihre Dichtigkeit so groß ist, daß ihr Widerstand die Bewegung gerade aufhebt. Aber hierdurch hat ihre Elasticität in e zugenommen, mithin dehnt sie sich nach beyden Seiten aus, treibt d, c, b, a in ihre vorigen Stellen zurück, und stößt eben so viele Theile mit gleicher Geschwindigkeit durch f, g, h fort, so daß die Dich-

d) Princip. lib. II. sect. 8. de motu per fluida propagato.
e) Ibid. prop. XLII.

Dichtigkeit der Luft bey h wieder am stärksten ist; die Bewegung hört alsdann hier abermals auf; die Elasticität der Luft bey h aber treibt g und f in ihre vorigen Stellen zurück, und stößt zugleich die Luft in i gegen k u. s. f.

Newton beweißt zuerst (prop. XLII. XLIII.), daß sich die Bewegung in elastischen flüssigen Mitteln nach allen möglichen Richtungen geradlinicht verbreite, und die Pulsus in geraden Linien fortgehen, welche den schallenden Punkt, oder die Oefnung, aus welcher der Schall hervorgeht, wie die Halbmesser der Kugel ihren Mittelpunkt umgeben; dagegen in unelastischen Mitteln die Bewegung augenblicklich nach den Stellen zu umgelenkt werde, welche sonst hinter dem bewegten Körper leer bleiben würden. Alsdann handelt er (prop. XLIV-XLVI.) von den Oscillationen des Wassers in Röhren und von der Geschwindigkeit der Wellen, und zeigt (prop. XLVII.), daß sich die Geschwindigkeiten der in einem elastischen Mittel fortpflanzenden Pulsus gerade wie die Quadratwurzeln der Elasticitäten, und verkehrt wie die Quadratwurzeln der Dichtigkeiten verhalten, wenn die Elasticität in jedem Mittel der Dichtigkeit proportional bleibt; daher in gleich dichten und gleich elastischen Mitteln die Pulsus mit gleicher Geschwindigkeit fortgehen. Ferner erweiset er (prop. XLVIII.), daß die hin und her gehenden Theile der flüssigen Materie hiebey nach den Gesetzen der Schwungbewegung des Pendels beschleunigt und verzögert werden, und daß daher die Anzahl der Pulsus beym Schalle mit der Anzahl der Schwingungen des schallenden Körpers einerley sey. Darauf gründet er seine Methode (prop. XLIX.), aus der Dichtigkeit und Elasticität des Mittels die Geschwin-

Theil größer an, als sie nach Newton's Theorie seyn sollte.

Ueber die Geschwindigkeit der Fortpflanzung des Schalles sind in diesem Zeitraume vielfältige Versuche wiederholt worden. Walker[f]) fand aus seinen Versuchen, welche er auf geringe Weiten angestellt hatte, im Mittel 1338 englische Fuß; Flamstead und Halley, welche ihre Versuche in einer Entfernung von beynahe drey englischen Meilen machten, fanden sie 1142 engl. Fuß. Unter allen aber hat sich besonders Derham[g]) in England Mühe gegeben, die Geschwindigkeit der Fortpflanzung des Schalles aufs genaueste zu bestimmen. Es war ihm auffallend, eine so große Verschiedenheit in den bisher beobachteten Geschwindigkeiten des Schalles in der atmosphärischen Luft zu finden. Um nun hievon vielleicht einen Grund auffinden zu können, hat er Versuche in einer Entfernung von Einer bis auf 12 englische Meilen zu verschiedenen Zeiten und bey verschiedenem Zustande der Luft angestellt. In kleinen Entfernungen ließ er auf erhabenen Orten kleine Gewehre, in großen Entfernungen aber grobes Geschütz abfeuern. Aus seinen vielfältigen Versuchen fand er die Geschwindigkeit des Schalles gerade so groß, wie Halley und Flamstead.

Um sich nun aber auch zu versichern, ob ein starker und schwacher Schall sich mit gleicher Geschwindigkeit fortpflanze, welches schon die ersten Beobachter wahrgenommen haben wollten, ließ er zu gleicher Zeit einen starken Schlag mit einem Hammer thun, und eine Pistole abfeuern; er fand wirklich beyde

f) Philos. Transact. n. 247. p. 433.

g) Ibid. n. 313. p. 3. sqq.

de Schalle bis auf eine Weite von Einer englischen Meile zugleich ankommen. Ueberdem bestätigte er auch durch seine Versuche, daß die fortpflanzende Bewegung des Schalles gleichförmig sey; denn der Schall pflanzte sich durch $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ und $\frac{3}{4}$ des ganzen Raumes und durch $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ und $\frac{3}{4}$ der ganzen Zeit fort.

Kircher hatte vorgegeben, daß er zu verschiedenen Zeiten des Tages immer eine andere Geschwindigkeit des Schalles gefunden habe. Um nun dies entweder zu bestätigen oder zu widerlegen, stellte Derham eine Menge Versuche an. Zum Maaße der Zeit brauchte er eine sehr genaue Uhr, welche durch die Bewegung des Pendels halbe Sekunden angab; er fand aber nie in der Bewegung des Schalles einen Unterschied, die Luft mochte heiter, oder trübe, neblicht oder trocken, kalt oder warm seyn, es mochte hageln oder blitzen, regnen oder schneyen, Tag oder Nacht seyn. Nur die Verschiedenheit des Windes gab einen kleinen Unterschied. Wenn nämlich der Wind der Richtung des Schalles entgegen war, so hörte er den Schall in einer Weite von etwa 12tausend Schritten fast immer nach 120 bis 122 Sekunden; wenn aber der Wind mit dem Schalle einerley Richtung hatte, oder quer durch die Richtung des Schalles gieng, so kam der Schall nach 111, 112, 113, 114, 115, 116, aufs höchste nach 117 Sekunden an. Zuletzt machte er noch die Bemerkung, daß er den größten Unterschied auf 13 englische Meilen bis 5 Sekunden gefunden habe, wenn starke Winde die Geschwindigkeit des Schalles beförderten; dagegen kaum 1 oder $1\frac{1}{2}$ Sekunde, wenn entweder gar kein Wind, oder nur ein gelinder entgegen war, oder keiner die Geschwindigkeit beförderte.

Daß der Schall in verdichteter und erwärmter Luft verstärkt werde, haben Hawksbée, s'Gravesande, Wolff u. a. durch Versuche bestätigt. Sie brachten nämlich Wecker oder Glöckchen in einen verdichteten oder erwärmten eingeschlossenen Raum, und sehr merklich nahm die Stärke des Schalles zu. Ueberhaupt erkannte man in diesem Zeitraume mit größerer Gewißheit als vormals, daß durch Verstärkung der Elasticität auch der Schall verstärkt werde. Man folgerte daher ganz richtig, daß der Schall nicht allein in der Luft, sondern auch durch alle elastische Körper fortgepflanzt werden könne. Selbst in dem Wasser, wie man schon längst bemerkt hatte, pflanzt sich der Schall fort. Da man aber fast allgemein der Meynung war, daß das Wasser gar keine Elasticität besitze, so glaubte man, die Fortpflanzung des Schalles in dem Wasser werde blos durch die Luft befördert, welche sich darin befinde.

Auch hatte man ganz richtig eingesehen, daß elastische Körper, gegen welche die durch einen Schall erschütterte Luft stößt, in eine zitternde Bewegung versetzt werden, und selbst mitklingen, wenn ihre Theile so gespannt sind, daß sie Schwingungen von einer gewissen Geschwindigkeit annehmen können. Dies Mitklingen wird die Resonanz genennt. Man wußte, daß dies Mitklingen am stärksten ist, wenn der elastische Körper eine solche Spannung hat, daß er Schwingungen von eben der Geschwindigkeit macht, und folglich in eben dem Tone, oder im Einklange resonirt. Wie groß die Wirkung des Mitklingens besonders sehr spröder Körper ist, erhellet aus einer merkwürdigen Begebenheit, welche Morhoff [h]) anführt. Ein ge-

h) Epistola de scypho vitreo per certum humanae vocis sonum rupto ad *Joa. Daniel. Majorem.* Kilo. 1672. 4

gewisser Wirth zu Amsterdam, Nahmens Nicolaus Petter, war nämlich vermögend, Gläser mit seiner Stimme zu zerbrechen. Morhoff, welcher dies in einem langen Briefe an den D. Major berichtete, hatte dies mit seinen eigenen Augen gesehen. Er nahm ein Glas, welches gewöhnlich ein Römer genannt wird, in seine Hand; nachdem nun Petter durchs Anschlagen ans Glas den ihm eigenen Ton erforscht hatte, hielt er den Mund mitten an das Glas, und fieng an in der höhern Oktave des Haupttones des Glases zu schreyen. Morhoff fühlte in seiner Hand das Zittern des Glases, und als Petter eine hinreichende Zeit mit derselben Kraft und in einerley Tone fortgefahren hatte, zerbrach endlich das Glas. Der Bruch hatte eine schiefe Richtung und lief von dem Bauche aus quer über die Erhabenheiten des Fußes.

In diesem Briefe führt Morhoff mehrere Versuche und Beobachtungen an, von welchen ich nur noch folgende anführe. Er selbst war im Stande, ein dünnes Glas durchs Schreyen zu zerbrechen, nachdem er seine Stimme eine lange Zeit in dem eigenthümlichen Tone des Glases erhalten hatte. Der Schall einer Trompete zerbrach von 20 Gläsern, womit er den Versuch anstellte, nicht ein einziges; aber die Oberfläche des Wassers kräuselte sich um das Glas herum, und bey der Oktave sprang es tropfenweise aus dem Gefäße heraus über den ganzen Tisch weg. Bisweilen hatte er bemerkt, daß ein Glas beym Blasen einer Flöte einen gleichen aber schwächern Ton von sich gab; daß dies jedoch nicht der Hauptton des ganzen Glases war, und daher nur einige Theile der Oberfläche, welche in Rücksicht der Dicke von den übrigen abwichen, durch die erschütterte Luft beym Blasen der Flöte in

eine zitternde Bewegung versetzt werden mußten. Inzwischen ließ sich der Hauptton des Glases niemals hören, ohne daß der andere schwächere Ton zugleich bemerkt wurde.

Franciscus Tertius de Lanis [i]) führt aus des Jesuit. Daniel Bartoli Erfahrung ein anderes Beyspiel eines Glasschreyers an. Dieses war nämlich der berühmte Holländer Cornelius Meyer, welcher wegen seiner Kenntnisse in der Wasserbaukunst vom Pabst nach Rom berufen wurde. Meyer hat selbst die Kunst, wie man die Gläser zerschreyen soll, auf einer Kupfertafel in einem seiner Werke [k]) vorgestellt, und das Glas in dem nämlichen Tone, welchen es eigenthümlich besaß, zerschrieen, auch hielt er den Mund über, nicht wie Petter mitten an das Glas.

Weil sich die Pulsus nach allen möglichen Richtungen vom schallenden Körper aus in geraden Linien fortpflanzen, mithin die Lehre vom Schalle, welche überhaupt den Nahmen der Phonik oder Akustik führt, geometrisch behandelt werden kann, so haben einige die Untersuchungen des geradlinichten, gebrochenen und zurückgeworfenen Schalles von einander trennen, und nach dem Beyspiele der optischen Wissenschaften eine eigene Diaphonik und Kataphonik oder Diakustik und Katakustik entwerfen wollen [l]).

Allein

i) Magisterium naturae et artis. T. I. lib. 9. cap. 2. fol. 395. sqq.

k) Nuovi ritrovamenti divisi in due parti. Rom. 1695. Tab. 18.

l) The doctrine of sounds in Philos. Trans. n. 156. p. 472.

Allein von gebrochenen Schallstrahlen ist noch gar nichts bekannt.

Echo und Sprachrohr.

Daß das Echo durch Zurückwerfung des Schalles nach eben den Gesetzen erfolgt, nach welchen das Licht reflektirt, hatten bereits Mersenne und besonders Kircher mit hinreichender Deutlichkeit gezeigt. Indessen lehrte doch die Erfahrung bald, daß oft an solchen Orten kein Echo statt findet, wo man es der Regel nach hätte erwarten sollen; im Gegentheil da ein Echo gehört wird, wo es nicht zu vermuthen war. Ohne Zweifel liegt der Grund davon darin, daß man die reflectirende Fläche beym Schalle nicht so gut, wie beym Lichte, kennt.

Ein merkwürdiges Echo, welches bey Genetay zu Rouen statt findet, wird in den Schriften der Pariser Akademie vom Jahre 1692. beschrieben. Ein Sänger hört daselbst nur seine eigene Stimme, der Beobachter nur das Echo, jedoch mit großen Veränderungen, indem es bald nahe, bald fern, bald deutlich, bald gar nicht, von einem nur wie Eine Stimme, vom andern wie viele, von einem zur Rechten und vom andern zur Linken gehört wird. Alle diese Erscheinungen erklärt der P. Quesnet a. a. O. ziemlich glücklich aus der halbcirkelförmigen Gestalt des Hofes vor dem Lusthause zu Genetay, und aus der Bewegung des Sängers, welcher im Singen gegen den Eingang des Hofes fortgehen muß. Ein anderes merkwürdiges Echo bey Verdun m) rührt von zwey großen 26 Toisen von einander abstehenden Thürmen her, wel-

m) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1710.

welche durch ein Hauptgebäude getrennt sind. In dem einen ist ein gewölbtes Gemach, in dem andern ist der Vorhof gewölbt. Diese Wölbungen wirken auf den Schall, wie zwey Spiegel auf das Licht; es sendet immer eine der andern den Schall zu wiederholten malen zu. Wenn man daher auf der geraden Linie zwischen beyden Thürmen ein lautes Wort spricht, so hört man es 12 bis 13 mal in gleichen Zwischenzeiten, jedoch immer schwächer, wieder. Entfernt man sich von der geraden Linie, so hört man keine Wiederholung, kommt man zwischen dem einen Thurm und dem Hauptgebäude, so hört man nur eine einzige.

Nicht lange darnach, als der Ritter Morland in England das Sprachrohr erfunden hatte, suchte schon Cassegrain n) in Frankreich demselben eine andere Gestalt zu geben. Johann Matthias Haas o) erwies, daß sie nichts weiter, als eine gleichseitige Hyperbel sey, deren Asymptote die Axe des Rohres abgebe. Cassegrain versichert, daß ein Sprachrohr von seiner Gestalt, ob es gleich nur 5 Fuß lang gewesen, doch die Stimme mehr verstärkt habe, als eins von 7 Fuß nach Morlands Art, das er aus England erhalten habe. Das Cassegrainsche Sprachrohr hat auch Sturm beschrieben p). Conyeus q) suchte das Sprachrohr zu verkürzen, gab ihm die Gestalt einer Glocke, und ließ die Stimme durch ein anderes rechtwinklicht umgebogenes Rohr zur Seite hineingehen und von dem halbkugelför-

n) Journal des savans. an. 1672. p. 125.

o) Diss. de tubis stentoreis. Lipsiae 1719. 4.

p) Colleg. curios. P. II. tent. 8. n. 7.

q) Philosoph. Transact. 1678. n. 141. p. 1027.

förmigen Ende der Glocke abprellen. Haas gab einem einfachen Sprachrohre die hyperbolische Gestalt, deren Brennpunkt oben bey dem Mundstücke war, um auf solche Art die Schallstrahlen nach der Zurückwerfung parallel aus dem Rohre fortzusenden. Ausserdem gab er auch noch ein zusammengesetztes oder gedoppeltes Sprachrohr an; es bestand dies aus zwey Stükken, nämlich aus einem parabolischen und aus einem elliptischen, so daß der Mund in dem Einen Brennpunkt der Ellipse angesetzt ward, der andere aber zugleich der Brennpunkt der Parabel war. Es schien dies vermöge der Theorie eine sehr vollkommene Einrichtung zu seyn; allein die Erfahrung lehrte, daß sie bey weitem das nicht leistete, was man sich von ihr versprach. Wolf [r]) that daher den Vorschlag, zum Sprachrohre lieber eine solche Gestalt zu wählen, welche nach der Erfahrung die besten Dienste leiste, indem die bis dahin bekannten Gründe vom Schalle noch nicht so weit entwickelt wären, um daraus zu erweisen, welches die beste Figur sey. Wolf hatte eins von einem Künstler in Berlin gekauft, welches er rühmt; er wußte aber nicht, ob dieser die Gestalt nur von ohngefähr bestimmt, oder ob er sie nach einer gewissen Regel gemacht habe. Dieses Sprachrohr war von überzinntem Eisenbleche aus 4 Stücken zusammengesetzt, und nahm anfänglich in seiner Weite nur wenig, nachher aber sehr geschwind zu. Das Mundstück war oben oval und wie ein halber Mond ausgeschnitten, um den Mund bequem hineinzulegen. Wenn man in dieses Sprachrohr ganz schwach hinein redete, so konnte man die Worte in einer Weite von 80 Fuß ganz vernehmlich hören.

Drit-

r) Nützliche Versuche Th. III. Cap. 2. §. 21.

Drittes Kapitel.

Von den Meynungen und Entdeckungen, welche das Weltgebäude überhaupt betreffen.

Die merkwürdigsten und erhabensten Erscheinungen, welche von den bewundernswürdigen Bewegungen der Himmelskörper abhangen, konnten bisher, selbst nach Cartesius System mit Hülfe der Wirbel, auf keine Weise befriedigend erklärt werden. Endlich zeigte aber Newton durch sein vortrefliches mechanisches System des Himmels, daß alle diese Bewegungen nach den Gesetzen derjenigen Centralbewegung erfolgen, bey welcher sich die Centripetalkraft verkehrt wie das Quadrat der Entfernung verhalten muß. Er zeigte nämlich im dritten Buche seiner Principien, daß diese Gesetze aufs vollkommenste mit den bisher bekannten astronomischen Beobachtungen übereinstimmten; daher machte er die Schlußfolge, daß alle Planeten und Kometen um die Sonne, und alle Monden um ihre Hauptplaneten laufen. Hierauf zeigte Newton, daß die Planeten gegen die Sonne, und alle Monden gegen die Hauptplaneten schwer sind, und desto schwerer, je kleiner das Quadrat ihrer Entfernung von der Sonne oder den Hauptkörpern ist [s]). Wären daher die Planeten ganz allein der Wirkung der Sonne unterworfen, so würden sie völlig regelmäßige Ellipsen in ihrer Bewegung um die Sonne beschreiben. Weil aber die Schwere wechselseitig ist, so gravitirt auch die Sonne gegen die Planeten, und die

s) Princip. Lib. III. prop. I. sqq.

die letzten gegen sich selbst; mithin ist selbst die Sonne nicht ganz ohne Bewegung, und es muß einen gemeinschaftlichen Schwerpunkt der Sonne, der Erde und aller Planeten geben, welcher ruht. Es laufen also in unserm Sonnensystem die Planeten nicht um den Mittelpunkt der Sonne, sondern um jenen Schwerpunkt, als den einzigen unbeweglichen Punkt des Systems. Die Sonne selbst bewegt sich um denselben; aber ihre überwiegend große Masse verursacht, daß dieser Schwerpunkt ihrem Mittelpunkte sehr nahe liegt, daher ihre Bewegung unmerklich wird [t]). Indessen ändert sich dadurch das Gesetz des gleichen Verhältnisses der Flächenräume und der Zeiten ein wenig, und daher kommt die Bewegung der Apsiden und der Knotenlinien [u]).

Da ferner die Monden gegen ihre Planeten gravitiren, so muß daraus nothwendig auch eine große Abweichung ihrer Bewegungen erfolgen. So läuft z. B. nicht die Erde selbst, sondern der gemeinschaftliche Schwerpunkt der Erde und des Mondes in einer elliptischen Bahn um die Sonne, indeß sowohl der Mond als auch die Erde monatliche Umläufe um diesen Schwerpunkt machen [v]).

Auf solche Art bestätigte also Newtons System nicht allein die Keplerischen Regeln, welche als nothwendige Folgen der Centralbewegung angesehen werden müssen (m. s. Centralbewegung), und eben dadurch erst zum Range allgemeiner Naturgesetze erhoben wurden, sondern es verbreitete auch das hellste Licht

t) Princip. prop. XII.

u) Ibid. prop. XIV. schol.

v) Ibid. prop. XIII.

Licht über die Störungen der himmlischen Körper in ihrem Laufe, welche bisher kein einziges System hatte erklären können.

Newton w) selbst bestimmte schon einen großen Theil der Abweichungen der Planetenbahnen, welche aus den gegenseitigen Störungen der Himmelskörper erfolgen. Alles beruht hiebey auf der sogenannten Aufgabe von drey Körpern, welche die Gesetze zu bestimmen sucht, nach welchen sich drey gegenseitig gravitirende Körper bewegen, wenn entweder 1. zwey von ihnen um den dritten, oder 2. einer von ihnen um den zweyten, und diese beyden zugleich um den dritten laufen. Newton konnte hierüber freylich nur einzelne Bestimmungen geben, weil die Auflösung Kunstgriffe in der Infinitesimalrechnung erfordert, welche damals noch nicht entdeckt waren. Indessen erklärte er doch sehr glücklich die vornehmsten Abweichungen, so daß der Kenner sich überzeugt fühlen mußte.

Newton x) blieb aber hiebey noch nicht stehen, sondern machte noch weiter sehr sinnreiche Anwendungen zur Bestimmung der Massen, der Dichtigkeit derselben, und der Beschleunigung der Schwere auf den Oberflächen der himmlischen Körper. Bey der wirklichen Anziehung kugelförmiger Körper gegen einander kann man sich vorstellen, daß die Masse derselben im Mittelpunkte vereinigt sey. Daraus folgt, daß man aus der Stärke der Gravitation auf die Masse des anziehenden Körpers schließen könne. Es verhält sich aber die Stärke der Gravitation wie der Weg, welchen der Körper in einer bestimmten Entfernung, welche β bedeuten kann, in der ersten Sekunde vermöge der

w) Princip. prop. XXI. sqq.
x) Ibid. prop. VIII.

der Anziehung durchlaufen muß. Setzt man nun die Umlaufszeit $= T$, die große Axe der Bahn $= A$, den Abstand am Ende der großen Axe $= \alpha$, und den Weg, welchen der Körper in einer Sekunde Zeit vermöge der Anziehung durchlaufen müßte $= \delta$, so hat man $T = \frac{\pi A \sqrt{A}}{2 \alpha \sqrt{\delta}}$ (m. s. Centralbewegung), mithin $\delta = \frac{\pi^2 A^3}{4 \alpha^2 T^2}$. Weil sich nun die Wege verkehrt wie die Quadrate der Entfernungen oder wie $\beta^2 : \alpha^2$ verhalten müssen, so findet man den Weg, welchen der Körper für die Entfernung β vermöge der Anziehung in einer Sekunde durchlaufen muß $= \frac{\delta \alpha^2}{\beta^2}$ $= \frac{\pi^2 A^3}{4 \beta^2 T^2}$; Da aber π und β beständige Größen sind, so wird sich dieser durch die Anziehung bewirkte Weg, mithin die Gravitation, und die Masse des anziehenden Körpers wie $\frac{A^3}{T^2}$ verhalten, d. h. die Massen verhalten sich wie die Würfel der großen Axen von den Bahnen dividirt durch die Quadratzahlen der Umlaufszeiten.

So bestimmt Newton aus den Axen und Umlaufszeiten der Jupiters- und Saturnusmonde und des Mondes unserer Erde die Massen des Jupiters, Saturnus und unserer Erde auf $\frac{1}{1067}$, $\frac{1}{3021}$ und $\frac{1}{169282}$ der Sonnenmasse.

Die Dichtigkeiten der Körper verhalten sich wie die Massen, dividirt durch die Volumina, und wenn die Körper beynahe kugelförmig sind, so verhalten sich ihre

ihre Volumina, wie die Würfel ihrer Halb- oder Durchmesser; mithin verhalten sich alsdann die Dichtigkeiten wie die Massen dividirt durch die Würfel ihrer Halb- oder Durchmesser. So fand Newton die Dichtigkeiten für die Sonne, den Jupiter, den Saturn und die Erde 100, $94\frac{1}{2}$, 64 und 40. Ist die Masse und der Durchmesser eines Planeten bekannt, so ist es auch leicht, die Schwere oder die Geschwindigkeit, mit welcher die Körper auf der Oberfläche des Planeten fallen, zu finden, indem diese im Verhältnisse der Masse dividirt durch das Quadrat des Halbmessers steht. So fand Newton die Schwere auf den Oberflächen der Sonne, des Jupiters, Saturnus und der Erde wie 1000, 943, 529 und 435, daß folglich ein Körper auf der Oberfläche der Sonne 23mal schwerer sey, und in der ersten Zeitsekunde 23 mal weiter fallen würde, als auf der Erdfläche. Was die übrigen Planeten betrift, so vermuthet Newton, daß sie nach dem Verhältnisse ihrer Entfernung desto dichter sind, je näher sie der Sonne liegen, und sieht z. B. den Merkur als einen Körper an, welcher 7mal dichter als die Erde ist.

Ueberhaupt zeigte Newton die genaueste Uebereinstimmung aller himmlischen Erscheinungen, welche sich auf Bewegung gründen, mit seiner Theorie. Alle mögliche damals bekannte Ungleichheiten des Planetenlaufs ließen sich blos nach dieser Theorie erklären. Gewiß schon Gründe genug, die sie dem Kenner empfehlen mußten. In der Folge hat sich aber Newtons Theorie noch weit mehr bestätigt, und man hat keineswegs zu fürchten, daß sie durch neue Beobachtungen wieder umgestoßen werden möchte; denn die allergeringsten Umstände bey den Bewegungen der

Him-

Himmelskörper und der davon abhangenden Erscheinungen fließen mit der größten Genauigkeit von selbiger her. Und ein vorzüglicher Triumph für Newtons System ist der Umstand, daß man nur alsdann genaue Tafeln über den Lauf der Himmelskörper hat berechnen können, wenn man die Störungen derselben mit in Betrachtung zog.

Kepler hatte schon durch seine Regeln, die er aus Beobachtungen gefunden hatte, einen großen Antheil an dem Siege des Copernicanischen Systems. Nach Newton's Theorie sind diese Gesetze als nothwendige Folgen aus der Centralbewegung anzusehen, und weil sie in keinem andern, als im Copernicanischen Systeme statt finden können, so erhielt es durch Newton's Entdeckungen eine ungemein feste Stütze. Man kann also mit Recht behaupten, daß sich erst von Newton an die Astronomie in ihrem wahren Glanze zeigt, und daß sein System der Grund der neuern Astronomie ist.

Nach Newtons Grundsätzen haben auch schon in diesem Zeitraume einige englische Gelehrte astronomische Lehrbücher abgefaßt, nämlich David Gregory [y]), Johann Keill [z]) und Willhelm Whiston [a]). In Frankreich fand zwar anfänglich Newton's Theorie wenig Anhänger, in der Folge aber, da man an ihrer Richtigkeit nicht mehr zweifeln konnte, erhielt sie allgemeinen Beyfall.

Selbst

y) Astron. phys. et geometr. elementa. ed. 2da. Genev. 1727. 4.

z) Introductio ad veram astronomiam.

a) Praelectiones astronom. Lond. 1707.

Selbst Leibnitz b) suchte noch die Bewegungen der Himmelskörper aus Wirbeln zu erklären. Er nahm die Geschwindigkeiten der Schichten des Wirbels im verkehrten Verhältnisse ihrer Entfernung vom Mittelpunkte an, und brachte die Kreisbewegung des Planeten in denselben zugleich mit einer Schwungkraft und einer Centralkraft gegen die Sonne in Verbindung. Auf diese Art gelang es ihm wirklich, zu zeigen, daß der Planet in gleichen Zeiten gleiche Flächen beschreiben, und eine Ellipse um die Sonne, als Brennpunkt, durchlaufen müsse, wenn sich die Centralkraft verkehrt wie das Quadrat der Entfernung verhalte. Allein nach dieser Theorie wird ein Wirbel vorausgesetzt, der nie würde bestehen können, weil die Schwungkraft seiner Theile desto größer wird, je näher sie dem Mittelpunkte liegen. Ueberdem thut sie der dritten Keplerischen Regel kein Genüge, wofern man nicht den ganzen Wirbel in verschiedene einzelne Theile theilt, deren mittlere Geschwindigkeit im verkehrten Verhältnisse der Quadratwurzeln aus den Entfernungen ist, indeß sich in jedem Theile besonders betrachtet die Geschwindigkeit verkehrt, wie die Entfernung selbst, verhält. Wie kann aber dies mit einander bestehen? Es ist schon die Schwungkraft allein, in Verbindung mit Leibnitzens Centralkraft, welche doch in der That nichts weiter ist als die Newtonsche Gravitation, vollkommen hinreichend, alle Erscheinungen der Bewegungen in elliptischen Bahnen zu erklären. Newton selbst hatte schon am Ende des zweyten Buchs seiner Principien gezeigt, daß man die wahren Bewegungen der Himmelskörper weder durch sphäri-

sche

b) Tentamen de motuum coelestium causis in Act. erudit. Lips. 1689. p. 82. sqq. 1706. p. 446. sqq.

sche noch durch cylindrische Wirbel erklären könne; denn er beweiset, daß im cylindrischen Wirbel die Umlaufszeiten den Entfernungen von der Axe, im sphärischen Wirbel aber dem Quadrate der Entfernungen vom Mittelpunkte proportional seyn müßten. Allein bey Planeten und Monden sind die Umlaufszeiten nach der dritten Keplerischen Regel den Quadratwurzeln aus den Würfeln der Entfernungen proportional.

Die Richtigkeit der Copernicanischen Weltordnung ward in diesem Zeitraume nicht allein durch Newtons System erwiesen, sondern noch eine andere wichtige Entdeckung, von welcher weiter unten geredet werden wird, bestätigte sie fast mit mathematischer Gewißheit. Diese besteht nämlich in der Abirrung der Fixsterne, welche einen direkten Beweis von der Umdrehung der Erde um die Sonne abgiebt.

Da also bey der neuern Sternkunde das Copernicanische System zum Grunde liegt, so halte ich es für nöthig, die merkwürdigsten Erscheinungen nach diesem System erst hier anzuführen, um sie mit den neuern Entdeckungen in genauere Verbindung zu bringen.

Was die tägliche Umdrehung aller Himmelskörper von Osten nach Westen betrift, so wird diese in dem Copernikanischen Systeme auf eine sehr einfache Art durch eine 24stündige Umwälzung der Erdkugel um ihre Axe von Westen nach Osten erklärt. Es sey (fig. 79.) lhik die Erdkugel, hk ihre Axe, in h der Nord- und in k der Südpol. Der erstere ist gegen p und der andere gegen s der Himmelskugel gerichtet, fmg ist ein Parallelkreis, welchen der Ort f während einer Umwälzung der Erde um hk beschreibt. Wenn also ca die Scheitellinie für den Ort f ist, so wird die

diese durch die Umwälzung der Erde die Seitenfläche eines Kegels cab beschreiben, und der Scheitelpunkt a des Ortes f wird am Himmel den Kreis anb beschreiben, dessen Punkte sämmtlich von dem Nordpole p gleich weit abstehen. Da nun hiebey die Gestirne unbeweglich bleiben, so muß der Scheitelpunkt a binnen 24 Stunden nach und nach alle die Sterne treffen, welche in einem, vom Pole p um ap abstehenden Parallelkreise liegen. Wird nun der Beobachter in f durch nichts belehrt, woraus er nach den gewöhnlichen Regeln schliessen könnte, daß er sich mit der Erde wirklich bewege, so wird es ihm vorkommen, als ob er ruhe, und als wenn die Sterne, welche er nach und nach in a erblickt, nach der entgegengesetzten Richtung ba durch den unbewegten Scheitelpunkt a hindurchgiengen, oder den Kreis ba beschrieben. Er wird also durch einen Gesichtsbetrug seine eigene Umdrehung, so wie die Beschreibung des Bogens fg und seines ganzen Mittagskreises hfl für einen Durchgang der Sterne durch seinen Scheitelpunkt a und durch den ganzen unbewegten Mittagskreis pesa halten. Auf solche Art scheint es ihm, als drehe sich der gestirnte Himmel um die Weltaxe pq von Morgen gegen Abend.

Der jährlich erscheinende Umlauf der Sonne in der Ekliptik von Abend gegen Morgen läßt sich mit gleicher Leichtigkeit durch einen jährlichen Umlauf der Erdkugel um die Sonne in der Fläche dieses Kreises von Morgen nach Abend erklären. Da wir aus dem bloßen Anschauen von der Entfernung der Sonne nicht belehrt werden, so scheint sie uns daher jederzeit an der Grenze der Himmelskugel zu stehen, und sich der Stelle der Erdbahn, in welcher wir selbst sind, gegen über zu befinden. Nachdem wir nun auf solche

Art

Art aus der Gegend des Widders in die des Stiers, der Zwillinge u. s. f. in einem Kreise fortgeführt werden, so erscheint uns die Sonne nach und nach in den Zeichen der Waage, des Scorpions, Schützen u. s. f. Wir glauben uns daher unbewegt zu seyn, und urtheilen, die Sonne durchlaufe wirklich nach und nach einen größten Kreis der Himmelskugel.

Die verschiedenen Tageslängen, Sonnenhöhen und die Abwechselungen der verschiedenen Jahrszeiten lassen sich besonders nach dem Copernikanischen Systeme sehr einfach und ungezwungen erklären, da sie in andern Systemen ungemein unnatürlich durch schiefe Drehung der Sphären, und durch Schraubengänge abgeleitet werden müssen. Man hat hier bloß den höchst einfachen Satz nöthig, daß die Axe der Umdrehung, welche gegen die Fläche der Erdbahn unter einem schiefen Winkel geneigt ist, sich beständig parallel bleibe. Es sey (fig. 80.) f die Sonne, und die punktirte Linie stelle die Erdbahn vor, auf welcher die Erde selbst in vier Stellungen abgebildet ist. Die Axe pq der täglichen Umdrehung der Erde behält eine gleiche sich beständig parallele Lage. Um die Zeit des längsten Tages sey nun die Erde in ♑, so wird dem Beobachter auf ihr die Sonne gegen über in ♋, oder im Zeichen des Krebses erscheinen. In dieser Stellung neigt sich der Nordpol p gerade gegen die Sonne zu, und es wird daher der Parallelkreis mn des Ortes m in der nördlichen Hälfte der Erdkugel durch die Linie, welche die der Sonne zugekehrte oder erleuchtete Halbkugel von der dunkeln absondert, in ungleiche Theile getheilt; daraus folgt also, daß der Ort m bey der gleichförmigen Umdrehung der Erde durch mn länger im Hellen, als im Dunkeln verweilt,

mithin längere Tage und kürzere Nächte hat. Auch geht die Linie nach der Sonne ♑ f nahe bey n vorbey, oder der Ort m sieht die Sonne zu Mittage nahe beym Scheitel, mithin in der größten Mittagshöhe. Zu gleicher Zeit fallen die Parallelkreise der Südländer, welche dem Südpole q näher liegen, mehr in die dunkele als erleuchtete Halbkugel, mithin haben sie längere Nächte und kürzere Tage.

Ruckt nun die Erde fort in das Zeichen ♈, so erscheint ihr die Sonne gegen über in dem Zeichen ♎, wie dies um die Herbstnachtgleiche geschieht. Hier fällt die in der Figur vorwärts gekehrte Hälfte des Parallelkreises mn genau in den hellen, und die zurückgewendete in den dunkeln Theil. Eben dies findet auch bey allen übrigen Parallelkreisen statt; mithin haben nun alle Orte auf der Erdkugel gleiche Tage und gleiche Nächte.

Wenn ferner die Erdkugel in das Zeichen ♋ fortgeruckt ist, wo sie die Sonne gegen über in dem Zeichen ♑ sieht, und welches zur Zeit der Wintersonnenwende statt hat; so fällt nun vom Parallelkreise mn nur ein kleiner Theil in die erleuchtete Hälfte, und m hat kürzere Tage und längere Nächte. Hier geht auch die Linie nach der Sonne ♋ f weit bey m vorbey, mithin sieht der Ort m die Sonne zur Mittagszeit weit vom Scheitel, also in der kleinsten Mittagshöhe. Für die Parallelkreise gegen den Südpol q zu findet gerade das Gegentheil statt. Befindet sich endlich die Erde im Zeichen ♎, wo ihr die Sonne im ♈ oder im Frühlingspunkte erscheint, so ist es leicht einzusehen, daß wiederum alle Orte der Erde gleiche Tage und gleiche Nächte haben.

Aus

Aus dieser kurzen Darstellung erhellet zugleich, daß die Hälfte des Aequators ar in allen Stellungen im erleuchteten Theile liegt, daß mithin die Oerter im Aequator beständig gleiche Tage und gleiche Nächte haben; daß der Nordpol p von dem Zeichen ♎ bis in das Zeichen ♈ immer im Hellen, von dem Zeichen ♈ bis wieder zu dem Zeichen ♎ immer im Dunkeln bleibt, mithin die Dauer seines Tages ein halbes, und die der Nacht ebenfalls ein halbes Jahr ausmacht; daß es sich mit dem Südpole q eben so, nur auf die entgegengesetzte Art verhält, und daß die Orte um p und q in der Nähe der Stellen ♋ und ♑ perpetuelle ganze Wochen und Monate dauernde Tage und Nächte haben.

Was endlich den Lauf der Planeten betrift, so läßt sich dieser ebenfalls nach dem Copernicanischen Systeme am einfachsten und natürlichsten erklären. Es wird nämlich hiernach der größte Theil der ungleichen Geschwindigkeit nebst Stillstand und Rückgang als optische Täuschungen des bewegten und doch zu ruhen glaubenden Beobachters betrachtet.

Sonne.

Den Astronomen mußte nothwendig sehr viel daran gelegen seyn, die Entfernung der Sonne von der Erde aufs genaueste zu bestimmen, indem hievon die übrigen Größen im Sonnensysteme abhangen. In dem Zeitraume des Cartesius hatten zwar die Astronomen die dazu erforderliche Sonnenparallaxe kleiner, als die ältern, gefunden; allein die Verschiedenheit ihrer Angaben war zu beträchtlich, um irgend eine als die richtige annehmen zu können. Man war daher bemüht, sie bestimmter zu suchen. Indessen

 ereig-

ereignete sich in diesem Zeitraume noch keine solche Himmelsbegebenheit, durch deren Hülfe man diesen Zweck mit der möglichst größten Genauigkeit hätte erreichen können. Man mußte also zufrieden seyn, die Größe der Sonnenparallaxe aus Vergleichung mit den Parallaxen der Planeten zu finden. Hiezu hatte besonders Dominicus Cassini c) einen Vorschlag gethan. Es wird nämlich in der Astronomie gezeigt, daß sich die Horizontalparallaxen zweyer Gestirne verkehrt wie die Entfernungen vom Mittelpunkte der Erde verhalten. Kennt man also die Horizontalparallaxe eines Gestirns, so kann man nach der Keplerschen Theorie für den Augenblick der Beobachtung das Verhältniß seiner Entfernung von der Erde zur Entfernung der Sonne bestimmen, und so ließe sich nach jener Regel die Sonnenparallaxe finden. Diese Methode ist nach Cassini's Vorschlage besonders beym Mars bequem, indem dieser bey seiner größten Nähe von der Erde die ganze Nacht hindurch sichtbar ist. Verschiedene Astronomen haben sich auch dieses Verfahrens bedient, um die Sonnenparallaxe zu finden. So bestimmten sie hierdurch Maraldi und Flamstead auf 10 Sekunden; Pound und Bradley fanden eben dadurch im Jahre 1719 die Grenze der Parallaxe zwischen 9 und 12 Sekunden. Nähme man also die Sonnenparallaxe etwa 10 Sekunden an, so würde man hieraus die Entfernung der Sonne von der Erde 20626 Erdhalbmesser finden. Daraus ließe sich alsdann der körperliche Raum der Sonne zum wenigsten auf Ein Millionenmal größer als unsere Erde bestimmen. Mit diesen Bestimmungen der Parallaxe konnten freylich die Astronomen nicht zufrieden seyn, weil sie noch nicht übereinstimmend genug ausfielen, und es doch

c) Acta eruditor. Lips. 1685. p. 470. sqq.

doch sehr viel darauf ankommt, die Sonnenparallaxe so genau als möglich zu haben; denn schon ein geringer Unterschied giebt die Entfernung der Sonne von der Erde um ein beträchtliches verschieden an. Nähme man z. B. die Sonnenparallaxe 9 Sekunden, so würde daraus die Entfernung 22917 Erdhalbmesser gefunden werden, also um 2291 Erdhalbmesser grösser, als bey der Annahme der Sonnenparallaxe von 10 Sekunden.

Was die Beschaffenheit und den materiellen Stoff der Sonne betrift, so glaubten noch die meisten in diesem Zeitraume, daß sie aus dem reinsten Feuer bestehe. Weit richtiger und vernünftiger behauptete dagegen Huygens [d]), daß man eigentlich hievon gar nichts zu sagen wisse. In seiner Schrift, welche blos für Muthmaßungen bestimmt war, hielt er sich zwar überzeugt, daß die Planeten und Monden bewohnbar wären, dagegen zweifelt er aber daran bey der Sonne, wie einige damaliger Zeit glaubten: In hoc, sagt er, ipso sole, non improbabile quibusdam visum est, animalia vivere posse, sed cum multo magis etiam, quam in lunis, conjectura omnis hic deficiat, nescio, qua ratione id ita esse opinati sunt. — Aliud genus viventium animo concipiendum esset, longeque ab omni natura eorum, quae unquam vidimus, aut cogitavimus, diversum. Quod fere idem sit, ac si dicamus, nihil hic conjectando nos consequi posse.

Beobachtungen über die Sonnenflecken sind zwar in diesem Zeitraume weit weniger angestellt worden, als

d) Cosmotheor. s. de terris coelestibus earumque ornatu conjecturae. Hag. Com. 1698. 4. p. 126.

als vormals; allein man war doch so glücklich, ihre scheinbaren Bewegungen aus der Umdrehung der Sonne um ihre Axe bis auf die geringsten Umstände abzuleiten. Schon vom Jahre 1650 an bis 1670 wurden die Flecken seltener, und von 1695 bis 1700 hat man gar keinen wahrgenommen; hierauf wurden sie aber wieder häufiger bis 1710, wo man bis 1713 weniger sahe; nachher sind aber immer einige bemerkt worden. Im Jahre 1700 beobachtete de la Hire [e]) einen großen Sonnenflecken, der aus mehreren kleinen mit einander verbundenen zusammengesetzt war. Dieser hatte beynahe die nämliche Gestalt mit demjenigen, den er im May des Jahres 1695 beobachtet hatte; jedoch konnte er nicht mit Gewißheit bestimmen, ob er wirklich der nämliche war. Wenn er indessen annahm, daß er sich gleichförmig binnen 27 Tagen 7 Stunden 7 Minut. um die Sonne herum bewegt, mithin vom May des Jahres 1695 an bis zum Novemb. des Jahres 1700 73 Umläufe gemacht habe, so schien die Zeit ziemlich zuzutreffen, daß beyde Flecken ein und dieselben wären. Im Jahre 1702 sahe de la Hire [f]) einen andern, welcher sich in mehrere Theile zertheilte. Einige, welche verschwunden waren, schienen in der Folge auf eben der Stelle wieder zu kommen. Noch sorgfältigere Beobachtungen an den Sonnenflecken machte der jüngere Cassini [g]). Er hatte hiebey die Absicht, die Umstände der Umdrehung der Flecken in der Voraussetzung, daß sich die Sonne um ihre Axe wälze, genauer zu bestimmen, um daraus alle mögliche Erscheinungen zu erklären.

e) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. 1700.

f) Ibid. an. 1702.

g) Ibid. an. 1701. 1702.

ren. Deßwegen entwarf er sich selbst Zeichnungen, die sich auf die Beobachtungen gründeten. Cassini war auch wirklich so glücklich, alle Phänomene genau zu bestimmen, wenn er, wie schon sein Vater Dominicus Cassini bestimmt hatte, den Neigungswinkel der Ebene des Sonnenäquators gegen die Ebene der Ekliptik $7\frac{1}{2}$ Grad annahm. Die Zeit, binnen welcher ein jeder Flecken, der sich jederzeit von Osten nach Westen auf der Sonnenscheibe fortbewegt, an der Ostseite wieder erscheint, giebt er auf 27 Tage 12 Stunden 20 Minuten an.

Die 81 und 82. fig. machen die Erscheinungen der scheinbaren Bewegungen der Sonnenflecken nach Cassini deutlich, wenn er nämlich annahm, daß der Nordpol (fig. 82.) p der Sonne gegen den 8ten Grad der Fische gerichtet war. In dieser Stellung der Sonne konnte er nämlich, wie es den Beobachtungen gemäß war, erklären, wie die Sonnenflecken zweymal im Jahre vollkommen gerade Linien, zu allen übrigen Zeiten aber mehr oder minder offene nord- oder südwärts dem Mittelpunkte der Sonne liegende halbe Ellipsen beschreiben. Die fig. 81. zeigt die scheinbaren Bahnen der Sonnenflecken in den vier vornehmsten Standpunkten, so daß cb die Ekliptik ist, die Flecken aber bey a ein- und bey d austreten. Gegen den Anfang des Junius, wenn die Sonne im 8° ♊. steht, beschreiben nämlich die Sonnenflecken gerade Linien, die von Norden nach Süden hinabgehen, und mit der Ekliptik $7\frac{1}{2}$ Grad machen. In den nachfolgenden Monaten fangen sie in elliptischen Bahnen sich zu bewegen an, deren große Axe immer mehr der Ekliptik parallel wird, und deren Hölung sich aufwärts, oder gegen Norden kehrt. Zu Anfang des Septem-

 bers,

bers, wenn die Sonne im 8° ♍ steht, haben die Ellipsen ihre größte Oefnung; alsdann ist ihre große Axe mit der Ekliptik parallel. Von da nimmt die Krümmung der Bahn wieder ab, und ihre große Axe wendet sich aufwärts gegen die Ekliptik, so daß um den Anfang des Decembers im 8° ♐ die Flecken in geraden Linien von Süden nach Norden hinauf gehen, und mit der Ekliptik wieder Winkel von $7\frac{1}{2}$° machen. Hiernächst fangen sie wieder an, aufwärts gebogene Ellipsen zu durchlaufen, welche gegen Anfang des März im 8° ♓ am weitesten offen erscheinen, wo die große Axe abermals mit der Ekliptik parallel ist. Von da nehmen die elliptischen Bahnen wieder ab, die Richtung derselben neigt sich gegen die Ekliptik, und erlangt gegen den Anfang des Juni aufs neue die zuerst beschriebene Beschaffenheit.

Hiernach dreht sich also die Sonne um ihre Axe so, wie es die fig. 82. vorstellt. Die Kugel a q b p stellt die Sonne und der perspektivisch gezeichnete Kreis, wo die Punkte 8° ♐, ♓, ♊, ♍ stehen, die Ekliptik der Erdbahn vor. Die Sonne dreht sich nach der Richtung a b um die Axe p q, so daß sie gegen die Ekliptik unter einem Winkel von $7\frac{1}{2}$° geneigt ist. Die Sonnenaxe neigt sich gegen die Punkte 8° ♓ und 8° ♍, und bestimmt auf der Sonnenfläche den Nordpol p und den Südpol q; der größte Kreis a b ist der Sonnenäquator, dessen Ebene sich mit der Ebene der Ekliptik unter einem Winkel von $7\frac{1}{2}$ Grad schneidet, und die Durchschnittslinie beyder Ebenen fällt in die gerade Linie, welche von 8° ♐ bis 8° ♊ geht. Bey dieser Umdrehung bewegen sich alle Flecken in Kreisen, welche mit dem Aequator der Sonne parallel gehen.

Hier-

Hieraus werden nun alle Erscheinungen (fig. 81.) der von den Sonnenflecken durchlaufenen Bahnen sehr leicht begreiflich. Wenn die Erde zu Anfange des Junius im 8° ♐ steht, und also die Sonne gegen über im 8° ♊, so wird diese von dem Erdbeobachter gerade in dem Durchschnittspunkte der Ebene des Sonnenäquators mit der Ebene der Ekliptik stehen, folglich betrachtet er den Kreis a b in seiner Ebene selbst, und er erscheint ihm so wie alle damit parallele Bahnen, als geradlinigt. Diese scheinbaren geraden Linien gehen von a nach b, d. i. von oben herabwärts, und machen mit der Ekliptik Winkel von $7\frac{1}{2}°$ = e c b. Zu dieser Zeit stehen die beyden Pole p und q gerade am Rande der sichtbaren Sonnenscheibe. Nach einem Vierteljahre kommt die Erde im 8° ♓, und der Beobachter sieht die Sonne gegen über im 8° ♍. Hier wird er nun den Kreis a b aus einer Stelle sehen, welche nicht in dessen Ebene liegt, folglich muß der Kreis wie eine Ellipse erscheinen, deren sichtbare Hälfte oberwärts hohl ist. Die halbe große Axe dieser Ellipse ist dem Halbmesser der Sonne, und die halbe kleine Axe der Linie b f gleich. In dieser Stellung ist dem Beobachter auf der Erde nur der Nordpol p sichtbar, der Südpol q befindet sich in der von der von der Erde abgewendeten Hälfte der Sonne.

Mit diesen beyden Erscheinungen haben die zu Anfange des Decembers und des März aus 8° ♊ und 8° ♍ völlig Aehnlichkeit, nur daß diese in Ansehung der Lage den ersten entgegengesetzt sind, so daß die scheinbaren geradlinichten Bewegungen im Anfange des Decembers von b nach a oder von Süden nach Norden aufwärts gerichtet sind, und die Ellipsen im März ihre hohle Seiten unterwärts kehren. Auf diese

Weise werden alle Phänomene in dem Gange der Sonnenflecken auch in den Zwischenzeiten ganz begreiflich. Diese der Natur der Sache so vollkommen angemessene Erklärung läßt von der wirklichen Umdrehung der Sonne um ihre Axe nicht den geringsten Zweifel übrig.

Was die Sonnenfackeln betrift, welche man bey den ersten Beobachtungen der Sonnenflecken zugleich wahrgenommen hatte, so bemerkt Huygens h), daß er dergleichen nie habe sehen können, ob er gleich die Sonnenflecken häufig beobachtet habe; nur zuweilen habe er in dem lichtgrauen Nebel, welcher die Flecken mehrentheils umgebe, aber auch ohne sie allein wahrgenommen würde, bisweilen einige helle Lichtpunkte untermischt bemerkt. Diese Erscheinung, so wie auch eine geringe Ungleichheit am Umfange der Sonnenscheibe, welche bisweilen durch Teleskope wahrgenommen würde, schreibt er der nahe an unserer Erdfläche zitternden Bewegung der Dünste, nicht aber, wie man gemeiniglich glaube, dem Auflodern der Flamme in der Sonne her. Selbst Wolf i) bemerkte durch ein Teleskop von 8 Fuß Länge am 14ten Sept. des Jahres 1708. eine solche zitternde Bewegung am Sonnenrande, da am Morgenhorizonte Nebel aufstiegen, welche aber aufhörte, sobald sich der Nebel erhoben hatte. Wolf schließt hieraus, daß die Sonnenfackeln keine Erscheinungen irgend einer angezündeten Materie wären. Vielmehr rührten sie von der Brechung der Sonnenstrahlen in verdünnten Ausdünstungen her, welche die Sonnenstrahlen verdichtet durchließen, und so einen starken Glanz der Sonne zu geben

h) Cosmotheor. lib. II. p. 107.

i) Elementa mathes. univers. in Element. astronom. §. 429. 430.

ben schienen. Mithin wären die Sonnenfackeln kein wesentliches Stück der Sonne, sondern nur etwas zufälliges. Dagegen wollten aber de la Hire, Maraldi, und Cassini wirkliche, oft in sehr großer Anzahl vorhandene, Sonnenfackeln wahrgenommen haben.

Da man in diesem Zeitraume mehr überzeugt ward, daß die Sonnenflecken keine von der Sonne entfernten Körper seyn konnten, sondern vielmehr mit ihr verbunden wären, so änderte sich auch die Meynung über die Natur derselben. De la Hire k) stellte sie sich als Hervorragungen einer festen unordentlich gebildeten Masse vor, welche in der leuchtenden flüssigen Materie der Sonne schwimme, und sich in dieselbe manchmal eintauche. — Allein vermöge der Beobachtungen müßte sich diese Masse in mehrere Theile zertheilen, oft ganz zergehen, und sich in wenigern Stücken vereinigen. Ausserdem müßten solche frey schwimmende Massen oft ihre Stellen gegen einander ändern, welches jedoch nicht wahrgenommen wird. — De la Hire sahe auch wohl dies selbst ein, und bestimmte endlich seine Meynung dahin, daß die dunkeln Massen Erhöhungen der Sonnenmasse seyn könnten, welche wie Klippen aus der leuchtenden Sonnenmaterie hervorragten, so wie die Nebel flache Stellen, welche von der leuchtenden Materie nur wenig bedeckt wären, und um die Klippen gleichsam Sandbänke bildeten.

Hooke l) hielt die Sonnenflecken für Sonnenwolken, oder Sammlungen der aus der Sonne aufgestie-

k) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1700. 1702.

l) Posthumous works. Lond. 1707. fol.

gestiegenen Dünste. Auch Wolf nahm sie für solche an. Ueberhaupt behauptete Wolf, daß die Substanz der Sonne feuriger Natur sey, und er behandelte diesen Satz als einen mathematischen Lehrsatz. Er bewies ihn daraus, daß die Sonne leuchte, wärme, brenne, Körper schmelze u. d. g. und überhaupt alle Kennzeichen des Feuers besitze. Weil aber die Sonnenflecken aus Ausdünstungen der Sonne entstünden, so erhelle, daß sie kein reines Feuer sey, sondern vielmehr aus Flamme mit untermischten heterogenen Theilen bestehe. — Diese Hypothese konnte wohl zu Wolfs Zeiten noch einigen Eingang finden; allein jetzt, da wir weit richtigere Begriffe vom Verbrennen besitzen, kann sie schlechterdings nicht mehr bestehen.

Bis hieher hatte man noch nicht daran gedacht, ob die Sonne eine Atmosphäre, so wie unsere Erde, besitze. Kepler [m]) redet zwar an einer Stelle, wo er erklärt, warum die totalen Sonnenfinsternisse keine völlige Nacht machen, von einer substantia crassa circa solem, non hic in aere nostro, sed in ipsa sede solis; allein er hält sie nicht ausdrücklich für eine Atmosphäre der Sonne. Im Jahre 1683. kurz vor dem Anfange des Frühlings entdeckte Dominicus Cassini [n]) gleich nach dem Untergange der Sonne ein Licht am Himmel, welches von der Sonne ab am Horizonte schief aufwärts, nach der Richtung der Ekliptik oder vielmehr im Thierkreise fortgeht. Damals beobachtete Cassini das Licht vom 18ten März bis zum

m) Epitome astron. copern. lib. VI. p. 595.

n) Acta erudit. Lips. 1683. p. 274. sqq. und Découverte de la lumière céleste, qui paroist dans le zodaique p. M. *Cassini* in den Ancien. memoir. T. VIII. p. 119.

zum 26ten März; nachher setzte er aber seine Beobachtungen bis zum Jahre 1688 fort. Auch Fatio de Duillier zu Genf beobachtete dies Licht von 1684 bis 1686, so wie in Deutschland Kirch und Eimmart o) von 1688 bis 1694. Weil sich dieses Licht beständig im Thierkreise befindet, so hat man demselben den Nahmen des Zodiakallichtes oder Thierkreislichtes gegeben. Aus den Erscheinungen, welche an diesem Lichte beobachtet wurden, und gleich mit mehreren angezeigt werden sollen, hielt man sich berechtigt, zu glauben, daß es nichts weiter, als die von ferne erblickte Atmosphäre der Sonne sey.

Die merkwürdigsten Erscheinungen, welche an diesem Lichte beobachtet wurden, sind folgende: Es erstreckt sich auf beyden Seiten der Sonne zu verschiedenen Zeiten auf verschiedene Weiten. Die kleinste Weite ist jedoch nie geringer als 50 oder 60 und die größte nie größer als 100 bis 103 Grade. Die Gestalt ist stets die eines zugespitzten Streifens; nahe am Horizonte beträgt seine Breite über 30 Grade; seine größte Breite läßt sich aber nicht wahrnehmen, indem sie sich an der Sonne selbst in der Fläche eines größten Kreises verliehrt. Nach Cassini's Beobachtungen ist diese Fläche des Kreises die des Sonnenäquators, oder der Umdrehung der Sonne um ihre Axe, gegen welche die Ebene der Erdbahn unter dem Winkel von $7\frac{1}{2}$ Grad geneigt ist. Dieses Zodiakallicht folgt nicht nur der täglichen allen Sternen gemeinschaftlichen Bewegung vom Morgen gegen Abend, sondern es scheint sich ganz nach der Sonne zu richten und jährlich wie diese die Ekliptik zu durchlaufen. Cassini beschreibt dies Phänomen als ein Licht, welches dem Scheine der Milch-

o) Miscell. natur. curios. Decur. III. an. 1. p. 285. sqq.

Milchstraße ähnlich, aber heller, in der Mitte glänzender und gegen den Enden schwächer sey. Auch wollte er bisweilen kleine sprühende Funken darin wahrgenommen haben; er füge aber die Bemerkung bey, eine solche Erscheinung könne auch von der Anstrengung der Augen herrühren. In den Ländern, welche mehr gegen die Pole hin liegen, kann dieses Licht wegen der langen Dämmerung mitten im Sommer nicht gesehen werden; hingegen ist es in der Mitte des Winters früh und Abends daselbst sichtbar. So sahe es Cassini am 4ten Dec. 1687 um $6\frac{1}{2}$ Uhr Abends, und am folgenden Tage früh um 4 Uhr 40 Minuten. In den Ländern der heissen Zone ist das Zodiakallicht fast das ganze Jahr hindurch sichtbar. In unsern nördlichen Gegenden kann es am besten früh im Monat Oktober, und Abends gegen den Anfang des Frühlings gesehen werden.

Fatio vermuthete aus seinen Beobachtungen, daß das Zodiakallicht ein Körper sey, welcher in Form einer Linse die Sonne umgebe, so daß die Ebene, welche durch die Schärfe der Linse hindurchgeht, entweder in der Ebene der Ekliptik oder doch wenigstens nicht weit davon liege; die Schärfe selbst aber befinde sich zwischen der Venus- und der Erdbahn, jedoch der Erde näher. Uebrigens schienen die materiellen Theile, als zur Sonnenatmosphäre gehörig, woraus der linsenförmige Körper bestehe, durch die Zurückwerfung des Sonnenlichts den Lichtschimmer darzustellen.

Der Herr von Mairan hat das Thierkreislicht noch viel genauer beschrieben, und alle mögliche Umstände, die sich dabey ereignen, angeführt, wovon aber erst weiter unten geredet werden kann.

David

David Gregory [p]) führt an, Cassini sey der Meynung gewesen, die Natur müsse erst kurz vor seiner ersten Beobachtung das Zodiakallicht hervorgebracht haben; denn vor zwey Jahren könne es noch nicht existirt haben, indem man zu dieser Zeit gerade an der Stelle, wo es sich hätte zeigen müssen, häufige Beobachtungen an einen Kometen angestellt habe. Dagegen behauptete Fatio, daß es gleich mit der Entstehung der Welt existirt haben müsse. Auch führt Gregory an, daß dies Phänomen D. Joh. Childrey lange vor Cassini an eben den Stellen und in den nämlichen Himmelszeichen zu derselben Jahreszeit, da es jezt wahrgenommen werde, gesehen habe, so wie er davon in einer Schrift, die er in englischer Sprache unter dem Titel: Britannia baconica, im Jahre 1661. edirt, eine Beschreibung gegeben. Gregory theilt diese in der lateinischen Uebersetzung mit folgenden Worten mit: aliud insuper est, quod mathematicorum observationi commendatum volumus; nimirum mense Februario, pauloque ante et post hunc (sicut per plures annos observavi) circa horam sextam a meridie, cum crepusculum horozontem jam pene deseruit, *semita luminosa* a crepusculo versus plejades porrecta, illasque quasi contingens, se plane videndam praebet. Semita haec quavis tempestate serena videtur; optime autem illuni nocte. — Credimusque, phaenomenon hoc olim exstitisse, et de hinc semper ad dictam anni tempestatem appariturum. At quaenam sit illius causa et natura; conjecturis assequi nequeo, sed posterorum indagini relinquo.

Ueber-

p) Astronomiae physicae et geometr. elementa. Genev. 1726. 4. lib. II. prop. VIII. schol. p. 190.

Ueberdem bemerkt Gregory noch, Cassini habe das Zodiakallicht für eine Menge von Planeten gehalten, welche das von der Sonne aufgefangene Licht zurückwerfen, und um die Sonne eben so herumgeführt werden, wie die Planeten im Sonnensysteme. Auf solche Art entstehe das beobachtete Licht eben so, wie in der Milchstraße, deren Licht von der unzählbaren Menge zusammengehäufter Fixsterne herrühre.

Mond.

Der Mond, als der nächste Himmelskörper unserer Erde, hat von jeher den Astronomen viel zu schaffen gemacht. So viele Hypothesen man auch aufstellte, so war man doch nicht im Stande, seinen wahren Lauf um die Erde nur mit erträglicher Bestimmtheit anzugeben. Die Schwierigkeiten, welche sich dabey fanden, wurden endlich durch Newton's Theorie auf einmal gehoben. Dieser erklärte schon überzeugend die beträchtlichsten Ungleichheiten des Mondlaufs. In der Folge sind noch weit mehrere Ungleichheiten des Mondes entdeckt worden, die Newton's Theorie aber alle auf die befriedigendste Art erklärt. Dies alles mit gehöriger Deutlichkeit zu übersehen, sind freylich mehr als gemeine Kenntnisse in der Mathematik erforderlich, welche in der Geschichte der Physik nicht beygebracht werden können. Es genügt, nur im allgemeinen anzuführen, worauf es bey diesem Gegenstande nach Newton vorzüglich ankommt; die mathematische Ausführung muß der Leser selbst bey Newton nachlesen.

Wenn die Sonne keine anziehende Kraft gegen den Mond ausübte, so würde nach der ersten Keplerischen Regel der Mond eine regelmäßige Ellipse um die Erde

Erde beschreiben, in deren einem Brennpunkte letztere sich befindet, und nach der zweyten Keplerischen Regel müßten die Zeiten, in welchen der Mond Theile seiner Bahn durchläuft, den von dem Radius Vektor aus dem Mittelpunkt der Erde nach dem Mittelpunkt des Mondes beschriebenen Flächenräumen proportional seyn. Allein wegen des Einflusses der Sonne auf den Mond leidet dies alles beträchtliche Veränderungen in dem Laufe des Mondes. Der Mond ist nämlich wechselsweise näher bey der Sonne, oder weiter von ihr entfernt, als die Erde, und die gerade Linie, welche seinen Mittelpunkt mit dem der Sonne verbindet, macht mit dem Radius Vektor der Erde mehr, oder minder stumpfe Winkel. Es wirkt also die Sonne auf ungleiche Art und nach verschiedenen Richtungen auf die Erde und den Mond, und aus dieser Verschiedenheit der Wirkungen müssen in der Bewegung des Mondes Ungleichheiten entstehen, welche von den respektiven Stellungen des Mondes und der Sonne abhangen. Bey den Zusammenkünften des Mondes mit der Sonne ist der Mond ihr näher, als die Erde, und er leidet eine beträchtliche Einwirkung von ihr. Der Unterschied der Anziehung der Sonne gegen diese beyden Körper geht alsdann auf die Verminderung der Schwere des Mondes gegen die Erde. In den Oppositionen hingegen ist der Mond von der Sonne weiter entfernt, wird von ihr schwächer angezogen, und der Unterschied der Wirkungen der Sonne geht noch auf die Verminderung der Schwere des Mondes gegen die Erde. In den Quadraturen geht die nach der Richtung des Halbmessers der Mondbahn zerlegte Wirkung der Sonne auf den Mond auf die Vermehrung der Schwere des Mondes gegen die Erde. Auf solche Art wird also der Mond in den Syzygien einen grö-

größern Sektor beschreiben, mithin geschwinder in seiner Bahn um die Erde fortrucken, als in den Quadraturen. Wenn nämlich die Sonne in die Erdnähe kommt, so erweitert ihre nun stärker gewordene Wirkung die Mondsbahn, aber diese Mondsbahn ziehet sich in eben dem Maaße wieder zusammen, als die Sonne ihrer Erdferne entgegenruckt. Also beschreibt der Mond im Weltraume eine Reihe von Epicykloiden, deren Mittelpunkte in der Erdbahn liegen, und die sich erweitern oder zusammenziehen, je nachdem die Erde der Sonne sich nähert oder sich von ihr entfernt [q]).

Was die Schwere der Körper gegen den Mond und die Dichtigkeit desselben betrift, so suchte diese Newton aus den Erscheinungen der Ebbe und Fluth abzuleiten. Er fand nämlich, daß sich die anziehende Kraft des Mondes zu der der Sonne gegen das Meerwasser wie 4,4815 : 1 verhält. Nun hatte er gezeigt, daß sich die anziehenden Kräfte dieser beyden Körper gegen die Erde wie die Dichtigkeiten derselben und wie die Würfel ihrer scheinbaren Durchmesser verhalten [r]); mithin wird sich die Dichtigkeit des Mondes zur Dichtigkeit der Sonne wie 4,4815 : 1, und der Würfel des scheinbaren Durchmessers des Mondes zum Würfel des scheinbaren Durchmessers der Sonne verkehrt d. i. (wenn die mittleren scheinbaren Durchmesser des Mondes und der Sonne $31' 16\frac{1}{2}''$ und $32' 12''$ gesetzt werden) wie 4891 : 1000 verhalten. Nach Newton war nun die Dichtigkeit der Sonne zur Dichtigkeit der Erde wie 1000 : 4000, also ist die Dichtigkeit des Mondes zur Dichtigkeit der Erde wie 4891 zu 4000 = 11 : 9. Es besitzt also der Mond eine

q) *Newtoni* princip. lib. III. prop. XXV. sqq.

r) Ibid. lib. I. prop. LXVI. coroll. 14.

eine größere Dichtigkeit als unsere Erde. Da nun aus astronomischen Beobachtungen der wahre Durchmesser des Mondes sich zum wahren Durchmesser der Erde wie 100 : 365 verhält, so wird die Masse des Mondes zu der der Erde im Verhältnisse 1 : 39,788 seyn. Hieraus ergiebt sich die Beschleunigung der Schwere auf der Oberfläche des Mondes etwa um $\frac{2}{3}$ geringer, als auf unserer Erde [s]). Genauere Resultate hat man erst nach Newton angeben können.

Nach Newton's Theorie gab David Gregory [t]) zuerst die Data zu genauern Mondstafeln an, welche nach seiner Angabe nie über 2 Minuten vom wahren Laufe abweichen sollten.

Bisher hatte man fast allgemein angenommen, daß die größern dunkeln Flecken, die man auf der Mondsscheibe sieht, wirkliche Meere wären, daher sie auch Hevel und Riccioli in ihren Mondkarten mit den Nahmen der Meere unserer Erdfläche belegten. Allein Huygens [u]) beobachtete mit Hülfe großer Fernröhre Vertiefungen in diesen Flecken (cavitates exiguas rotundas, umbris intus cadentibus, quod maris superficiei convenire nequit), und läugnete daher die Meere im Monde gänzlich. In den neuern Zeiten hat auch Huygens Meynung mehr Bestätigung erhalten. Indessen sind doch die Benennungen dieser Flecken mit den Nahmen der Meere unserer Erde beybehalten worden.

Aus

s) *Newtoni* princip. lib. III. prop. XXXVII. coroll. 3. 4. 5.
t) Astron. geomet. et physic. Genev. 1726. 4. lib. IV. sect. VI.
u) Cosmotheor. lib. II.

Aus der Erscheinung, daß der Mond beständig ein und dieselbe Seite der Erdkugel zukehrt, schloß schon Galilei, daß sich der Mond während seines Umlaufes um die Erde auch einmal um seine Axe wälzen müsse. Die Ursache, warum gerade die Umdrehungszeit des Mondes mit seiner Umlaufszeit gleich sey, konnte erst Newton aus seiner Theorie angeben. Wenn nämlich der Mond anfänglich eine Kugel von Wasser gewesen wäre, so müßte die anziehende Kraft der Erde die ihr zunächst liegenden Theile des Wassers im Monde erhoben haben, und diese Kraft müßte sich zur anziehenden Kraft des Mondes, welche das Weltmeer der Erde erhebt, wie die Gravitation des Mondes gegen die Erde zur Gravitation der Erde gegen den Mond, und wie der Diameter des Mondes zum Diameter der Erde zusammen verhalten, d. i. wie 39,788 : 1 und 100 : 365, oder wie 1081 : 100. Da nun das Weltmeer auf unserer Erde vermöge der anziehenden Kraft des Mondes auf $8\frac{3}{5}$ Fuß gehoben werde, so müßte das Wasser auf dem Monde durch die anziehende Kraft der Erde auf 39 Fuß erhoben werden. Daher müsse der Mond die Gestalt eines länglichten Sphäroids erhalten haben, dessen größter Durchmesser gehörig verlängert durch den Mittelpunkt der Erde gehe, und welcher den senkrechten Diameter auf 186 Fuß übertreffe. Eine solche Gestalt müsse der Mond anfänglich angenommen haben. Hieraus sey also klar, daß die diesseitige Hälfte des Mondes wegen der größern Nähe stärker gegen die Erde gravitire, und daher derselben beständig einerley Seite zukehre. In einer jeden andern Lage würde er nicht ruhen können, sondern zu seiner vorigen Stellung schwingend zurückkehren v).

Das

v) Princip. lib. III. prop. XXXVIII.

Das Schwanken des Mondes, welches schon Galilei wahrgenommen, Hevel aber genauer beobachtet hatte, suchte zuerst Mercator w) aus Newtons Schriften, die letzterer jenem mitgetheilt hatte, zu erklären. Was nämlich das Schwanken in der Länge betrift, wodurch die Stelle der Flecken nach Osten oder Westen zu verändert wird, so leitete er dies ganz richtig aus der Verbindung der gleichförmigen Umwälzung des Mondes um seine Axe mit dem ungleichförmigen Umlaufe um die Erde ab, und suchte dies durch zwey hölzerne Kugeln zu versinnlichen, wovon die eine einen eingebildeten, die andere aber den wahren Mond vorstellen sollte. Wenn man nämlich durch beyde Kugeln eine Ebene lege, welche durch die Umdrehungsaxe des Mondes und durch den Mittelpunkt der Erde geht, und die eine, welche den eingebildeten Mond vorstellt, in einem Kreise, in dessem Mittelpunkt die Erde sich befindet, mit gleichförmiger Geschwindigkeit, die andere aber, die deu wahren Mond vorstellt, in der wahren Mondsbahn, mithin mit ungleichförmiger Geschwindigkeit um die Erde fortgehen lasse, so ist klar, daß der eingebildete Mond in jeder Stelle seiner Bahn die durch die Umdrehungsaxe gelegte Ebene gegen den Mittelpunkt der Erde richtet, und folglich diese gar kein Schwanken des Mondes wahrnehmen könne. Wenn hingegen der wahre Mond von der Erdnähe bis zur Erdferne fortruckt, so wird er in seiner Bewegung dem eingebildeten Monde voreilen, aber wegen gleichförmiger Umdrehung mit dieser wird die durch die Umdrehungsaxe gelegte Ebene mit der Ebene des eingebildeten Mondes parallel bleiben. Wenn also der wahre Mond dem ein-

w) *Newtoni* princip. lib. III. prop. XVII.

eingebildeten wirklich schon vorgeeilt ist, so wird die Ebene nicht mehr durch den Mittelpunkt der Erde gehen, sondern vor demselben fallen, folglich derselben auf der einen Seite des Mondes neue Flecken darstellen. Von der Erdferne aber bis zur Erdnähe bleibt der wahre Mond etwas zurück, und muß folglich der Erde wiederum auf der entgegengesetzten Seite andere Flecken zeigen. Das Schwanken des Mondes in der Breite endlich habe seinen Grund darin, weil die Axe der Umdrehung mit der Ekliptik einen schiefen Winkel mache, daher der Erde in gewissen Stellen der Südpol, in andern aber der Nordpol sichtbar werde.

Auch in diesem Zeitraume haben unter andern besonders Huygens [x]) und de Fontenelle [y]) die Aehnlichkeit des Mondes mit unserer Erde behauptet, und wahrscheinlich zu machen gesucht, daß dieser Körper nicht von ohngefähr im Weltraume eine Stelle einnehme, sondern vielmehr zum Aufenthalte denkender und empfindender Wesen, so wie unsere Erde, diene. Jedoch haben diese die Aehnlichkeit des Mondes mit der Erde nicht so weit getrieben, wie andere, von welchen ich nur den Freyherrn von Wolff [z]) anführe. Dieser hält die dunkeln Flecken gerade zu für Meere, und findet auf dem Monde Inseln, Klippen, Vorgebirge, Dünste, Regen, Schnee, Thau, Pflanzen, Bäume, Thiere und Menschen; mit einem Worte alles eben so, wie es auf unserer Erde ist.

Der

x) Cosmotheor. lib. I.

y) Entretiens sur la pluralité des mondes. Paris 1686. 8. Gespräche über die Mehrheit der Welten mit Anmerk. u. Kupf. von Bode. Berlin 1780. 8.

z) Elementa mathes. univers. element. astronomiae. theor. 6.

Der Gedanke, daß der Mond bewohnt sey, und daher seine Bewohner einer Luft bedürfen, hat wahrscheinlich die meisten veranlaßt, dem Monde eine Atmosphäre zuzuschreiben. Verschiedene Beobachtungen am Monde schienen diesen Gedanken ungemein zu bestätigen. Jedoch haben auch verschiedene Andere das Daseyn einer Atmosphäre des Mondes gänzlich geläugnet, und jene Beobachtungen aus ganz andern Ursachen abgeleitet.

Die vorzüglichsten Erscheinungen am Monde, aus welchen verschiedene die Mondatmosphäre zu beweisen glaubten, sind diese:

1. Der lichte Ring um den Mondrand bey totalen Sonnenfinsternissen, welcher zunächst dem Rande des Mondes die größte Dichtigkeit besitzt, abwärts von demselben aber nach und nach dünner wird.

Diese Erscheinung beobachteten an einer totalen Sonnenfinsterniß im Jahre 1706 besonders Halley zu London, Cassini und de la Hire zu Paris, de Plantade in Montpellier, Wolf in Leipzig, Wurzelbau in Nürnberg und Heinrich in Breslau.

Eben diese Erscheinung beobachteten im Jahre 1715 wieder bey einer totalen Sonnenfinsterniß besonders Halley und Louville in England.

2. Die Erscheinung, welche mehrere Astronomen wahrgenommen haben, da nämlich Planeten und Fixsterne, welche, wenn sie nahe an den Rand des Mondes rucken, farbigt erscheinen, auch in ihrer runden Gestalt geändert und in eine ovale verwandelt werden, oft aber auch gar keine Aenderung leiden.

Dergleichen Beobachtungen hat besonders D. Cassini sehr häufig gemacht.

3. Das Zittern des Sonnenrandes, ehe der Mond in Sonnenfinsternissen denselben berührt.

Einer der stärksten Vertheidiger der Mondatmosphäre, Wolff[a]), sieht diese angeführten Erscheinungen als die entscheidendsten Gründe für das Daseyn der Mondatmosphäre an. Denn aus der ersten Beobachtung erhelle, daß eine flüssige Materie den Mond umgeben müsse, in welcher die Sonnenstrahlen gebrochen und reflektirt werden, und da sie nahe am Monde dichter sey, nach und nach aber vom Monde abwärts immer dünner werde, so erhelle auch daraus, daß sie so wie unsere atmosphärische Luft schwer und elastisch seyn müsse. Aus der zweyten und dritten Erscheinung sey aber klar, daß die Mondatmosphäre nicht beständig einerley Durchsichtigkeit besitze. Da man nun alle diese Erscheinungen auch in unserer Atmosphäre wahrnehme, wenn sie mit Dünsten angefüllt sey, so lasse es sich leicht begreifen, daß es ebenfalls in der Atmosphäre des Mondes zu der Zeit, da man dergleichen Erscheinungen gewahr werde, eine große Menge von Dünsten geben müsse. Alle diese Dünste müßten aber zu der Zeit, da die Mondatmosphäre von uns ganz heiter gesehen werde, durch Regen, Schnee, Thau u. d. g. herabgefallen seyn.

Halley und Louville[b]) schlossen ebenfalls aus dem lichten Ringe um den Mond bey totalen Sonnenfinsternissen auf das Daseyn einer Mondatmosphäre. Beyde wollten sogar Blitze im Monde gesehen haben.

Dage-

a) Elementa mathes. univer. elem. astron. theor. 5.

b) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1715.

Dagegen wendete schon Huygens[c]) gegen das Daseyn der Mondatmosphäre ein, daß man den Mondrand bey Bedeckungen der Sterne nicht so scharf und glatt abgeschnitten, sondern mit einem Schimmer umgeben finden würde; überdem sey auch im Monde kein Wasser, aus welchem sich Dünste erheben könnten, so wie man darin ebenfalls keine Wolken sehe.

Cassini[d]) behauptete, daß man aus der Erscheinung des leuchtenden Ringes um den Mond bey totalen Sonnenfinsternissen keineswegs auf eine Mondsatmosphäre schließen könne. Denn wenn der Mond wirklich eine Atmosphäre besäße, so müßte man bey den Planeten und Fixsternen, welche gegen den Mondrand rucken, und von dem Monde bedeckt werden, sowohl in ihrer Gestalt, als in ihrer scheinbaren Geschwindigkeit eine Veränderung wahrnehmen, indem die in die Mondatmosphäre fallenden Lichtstrahlen nothwendig gebrochen werden müßten, welches aber doch in den wenigsten Fällen beobachtet werde. Cassini ist vielmehr geneigt, diese Erscheinung von der Sonnenatmosphäre, welche er an dem Zodiakallichte entdeckt zu haben glaubte, herzuleiten.

Ueberdem hatte de la Hire[e]) eine andere Beobachtung bey einer Bedeckung des Jupiters vom Monde gemacht, welche der andern Erscheinung (2) eben nicht günstig zu seyn schien. Nachdem nämlich Jupiter noch 12′ vom Monde entfernt war, so zeigte er schon die nämlichen lebhaften Farben, als da er ihm sehr

c) Cosmotheor. lib. I.

d) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1706.

e) Ibid. an. 1715.

sehr nahe war. Wenn aber diese Farben erscheinen sollten, so mußte Jupiter am Rande der Oefnung des Fernrohres seyn; denn war er in der Mitte, so nahm er keine wahr. Aus dieser Beobachtung schloß nun de la Hire, daß die lebhaften Farben nicht von der Mondatmosphäre abhangen könnten, sondern vielmehr ihren Grund in den Gläsern des Fernrohres hätten, die, weil sie convex sind, an ihren Rändern eine Art von Zirkelprisma bilden. Auch die Venus, welche einige Zeit darauf erschien, gab dieselben Farben als Jupiter.

De la Hire bestritt noch Louville's Meynung über die Mondatmosphäre, und zeigte durch einen Versuch, daß es um jeden dunkeln Körper einen hellen Ring gäbe, wenn man ihn vor die Sonne oder vor ein anderes helles Licht bringe. Er hieng nämlich eine unpolirte steinerne Kugel von ohngefähr 2 Zoll im Durchmesser gegen das Sonnenlicht auf, und sahe sogleich den innern Umkreis des Ringes uneben und unterbrochen, so wie Louville den innern Umkreis des Ringes um den Mond gesehen hatte. De la Hire war daher geneigt, den lichten Ring um den Mond vielmehr von den verschiedentlich zurückgeworfenen Sonnenstrahlen auf den Erhabenheiten des Mondes abzuleiten, welche auf verschiedene Stellen der Atmosphäre unserer Erde fielen, und in selbiger gebrochen in unser Auge kämen.

Auch de l'Isle[f]) läugnete eine Mondatmosphäre. Er war durch die Versuche, welche Newton nach Grimaldi über die Beugung des Lichts angestellt und er selbst wiederholt hatte, auf den Gedanken

f) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1715.

ken gekommen, ob nicht vielleicht die Erscheinung des hellen Ringes um den Mond von eben der Ursache herrühre. Zu dem Ende stellte er anfänglich folgenden Versuch an: er ließ das Sonnenlicht durch eine Oeffnung in ein dunkeles Zimmer fallen, setzte darauf ein kreisrundes Stück Bley der Sonne aus, und fand den Schatten auf einem Blatte weisses Papier sehr deutlich mit einem leuchtenden Ringe umgeben. De l'Isle wollte zwar aus diesem Versuche noch nicht seine vorgefaßte Meynung mit Gewißheit behaupten, sondern erst noch mehrere Untersuchungen über diesen Gegenstand anstellen; in der Folge hat er aber wirklich die Erscheinung aus der Beugung des Lichts erklärt.

Bis hieher waren also die Astronomen noch nicht einig, ob es eine Atmosphäre des Mondes gebe. Durch Schlüsse ließ sich freylich nichts ausmachen, indem bey allen Erscheinungen die atomistische Lehre zum Grunde lag, die hierüber gar nichts entscheidet. Indessen ist in den neuesten Zeiten durch Vervollkommnung der Teleskope auch ziemlich entscheidend dargethan, daß der Mond wirklich mit einer Atmosphäre umgeben sey.

Bey der totalen Sonnenfinsterniß im Jahre 1706 machte ein Arzt zu Budissin, Liesmann[g]), nebst andern anwesenden Personen eine merkwürdige Beobachtung am Monde, als die erste ihrer Art. Um 11 Uhr nämlich, als die Sonne beynahe schon eine halbe Stunde ganz total verfinstert war, ließen sich auf einmal fast mitten in der Sonnenscheibe drey blitzende Stellen wahrnehmen, welche bis zu Ende der Finsterniß zu sehen waren; diese drey Flecken waren nicht rund sondern eckigt und lagen nicht weit von einander

g) Annales medico physici Wratislavienses. T. VI. p. 510. sqq.

ander in einem nicht sehr stumpfwinklichten Dreyecke. Liefmann glaubte, daß hier der Mond durchlöchert sey, und das Sonnenlicht durchgeschienen habe. Sein vornehmster Grund zu dieser Behauptung war folgender: wären es nämlich keine Löcher durch den Mond gewesen, so hätten es feuerspeyende Berge seyn müssen; diese konnten es aber seiner Meynung nach nicht gewesen seyn, weil das Licht so ausserordentlich strahlend gerade wie das Sonnenlicht war, und weil man sonst diese Erscheinung auch an andern Orten würde gesehen haben, welches doch hier der Fall nicht war, und endlich, weil man sie schon lange bey totalen Sonnenfinsternissen und selbst in andern Mondphasen wahrgenommen haben würde. Auch bemerkt Liefmann noch, daß selbst die Phänomene, welche Halley und Louville bey der totalen Sonnenfinsterniß im Jahre 1715 beobachtet und für Blitze in der Atmosphäre des Mondes gehalten hatten, eine ähnliche Erscheinung gewesen sind. — Es ist freylich zu bedauern, daß wenig Beobachtungen dieser Art wegen der äusserst seltenen Begebenheit einer totalen Sonnenfinsterniß gemacht werden können. Don Anton Ulloa hatte erst im Jahre 1778 wieder Gelegenheit, eine ähnliche sehr merkwürdige Beobachtung anzustellen.

Planeten.

Im Jahre 1666 hatte bereits Dom. Cassini auf der Venus Flecken entdeckt, und daraus eine Umdrehungsbewegung der Venus um ihre Axe binnen einer Zeit von 24 Stunden geschlossen (Th. I. S. 494.). Nach Cassini hat vorzüglich Blanchinus [b]) in Italien sehr genaue Beobachtungen im Jah-

b) Hesperi et phosphori nova phaenomena. Romae 1728. fol. cap. V. p. 50.

Jahre 1726 an den Flecken der Venus angestellt. Er gebrauchte hiezu ein von Campani verfertigtes Teleskop von 100 Palmen. Die Flecken fand er den größern mit bloßen Augen sichtbaren Mondsflecken sehr ähnlich, und schloß aus ihnen die Umdrehungsbewegung der Venus, nicht wie Cassini binnen einer Zeit von 24 Stunden, sondern vielmehr während einer Zeit von 24 Tagen. Dieser beträchtliche Unterterschied der Umdrehungszeit der Venus um ihre Axe hat die Astronomen sehr lange in Zweifel gelassen.

Im Jahre 1700 beobachtete de la Hire i) mit einem Fernrohre, das 90mal vergrößerte, ebenfalls die Venus. Sie war eben im Zunehmen, und hatte beynahe die Gestalt wie der Mond nach zwey Tagen vom Neumonde angerechnet. An der innern wachsenden Erleuchtungsgränze sahe er weit beträchtlichere Ungleichheiten, als die auf dem Monde wahrgenommen werden. Aus dieser Erscheinung, sagt er, könne man urtheilen, daß die Venus, wie alle andere Planeten, Flecken besitzen müsse.

Cassini k) beobachtete auch in den Jahren 1672 und 1686. ein gewisses Phänomen, welches etwa um $\frac{3}{5}$ des Durchmessers der Venus von derselben abstand, und ohngefähr im Durchmesser so groß, wie der vierte Theil des Durchmessers der Venus war. Er stand bey sich an, ob er diese Erscheinung für einen Mond der Venus halten sollte oder nicht, auch hat er sie ausser diesen beyden malen nie wieder sehen können. Indessen schien doch David Gregory l) nicht

i) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1700.
k) Ancien. mém. de Paris. T. VIII. p. 183.
l) Astron. physi. et geometr. elem. lib. VI. prop. III. p. 716. ed. Genev.

nicht zu zweifeln, daß dies Phänomen ein wirklicher Venusmond sey. Er meinte, vielleicht sey dieser blos deßwegen nicht leicht wahrzunehmen, weil seine Oberfläche eine solche Beschaffenheit besitze, die das aufgefangene Sonnenlicht ungleich schwerer, als andere Körper, reflektire.

Schon in den Jahren 1675, 1683, 1696 und 1708 haben einige Astronomen, besonders der ältere Cassini, theils zwey Streifen oder Bande, theils auch nur einen auf dem Saturn wahrgenommen. Sie giengen die meiste Zeit mit der Ebene des Saturnusringes parallel, jedoch nicht allemal. Im Jahre 1715 haben der jüngere Cassini und Maraldi m) mehrere Beobachtungen hierüber angestellt. Am 25ten März sahen sie auf der Saturnusscheibe drey unter sich parallele Streifen, so wie sie gewöhnlich auf dem Jupiter gesehen werden, und verfolgten sie bis zu Ende des Aprils. Der mittlere Streifen war so schwach, daß man ihn nur mit einem Objektivglase von 114 Fuß Brennweite sehen konnte. Dieser war von dem Schatten des Saturnusringes gebildet worden. Am Ende des Aprils hatte sich ihre Lage gegen einander ein wenig geändert. Sie richteten ihre Aufmerksamkeit besonders darauf, um einen Flecken oder sonst ein Zeichen, so wie man dies auf dem Jupiter wahrnimmt, zu entdecken, und daraus auf eine Umdrehung des Saturnus um seine Axe zu schließen; allein sie konnten von allen diesen nichts bemerken. Sie beobachteten blos, daß der eine Streifen dem mittleren näher geruckt war, daß alle drey unter sich vollkommen parallel giengen und einen beträchtlichen Raum auf der Saturnusfläche einnahmen. Um nun noch aus-

m) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1715.

auszumachen, ob diese Streifen mit dem Saturn adhärent wären oder nicht, verglichen sie ihre angestellten Beobachtungen mit den vormaligen, und es ergab sich daraus, daß die Streifen des Saturnus nicht beständig mit der Ebene des Ringes parallel, und auch nicht mit dem Planeten adhärent sind, sondern vielmehr in einer großen Entfernung davon sich befinden. Und da man sie nicht unmittelbar, sondern blos durch ihren Schatten, den sie auf die Saturnusscheibe werfen, wahrnehmen könnte, so hätten sie vermuthet, daß die Substanzen, welche die Streifen verursachen, eine große Aehnlichkeit mit den Wolken haben, die unsere Erde umgeben, und die einen Theil der Sonnenstrahlen auffangen, ohne sie zu reflektiren. Da aber diese Wolken eine ähnliche Krümmung wie der äussere Umfang des Ringes zeigten, so müßten sie von dem Planeten fast eben so weit abstehen; mithin müsse die Atmosphäre, in welcher sie sich befänden, den Saturnusring einschließen. Nun hatten sie den äußersten Umfang des Ringes vermöge ihrer Beobachtungen auf 18750 Meilen weit von dem Saturn bestimmt, mithin müßte die Saturnusatmosphäre noch viel weiter ausgedehnt seyn.

Bey diesen Beobachtungen sahen sie gleich am 25ten März vier Saturnusmonde, wovon der vierte den Saturn zu berühren schien. Nicht lange darnach sahen sie diesen Mond an seiner Größe abnehmen, und endlich von dem Saturn gänzlich verfinstern. Dies war die erste beobachtete Finsterniß dieses Trabanten. Den andern Tag darauf sahen sie den Saturn mit allen fünf Trabanten.

Diesen Beobachtungen ungeachtet zweifelte man in England doch noch, ob der Saturn wirklich 5 Begleis

gleiter bey sich habe. Selbst Huygens n), welcher schon eine geraume Zeit einen Trabanten zuerst entdeckt hatte (Th. I. S. 499.), zweifelte noch, ob er den ersten und zweyten wirklich gesehen habe, und Derham o) konnte durch ein Fernrohr von 126 Fuß Länge nur drey wahrnehmen. Endlich stellte D. Pound im Jahre 1718 durch ein Objektivglas von 123 Fuß Brennweite, welches Huygens verfertigt und der königlichen Societät geschenkt hatte, eine Beobachtung an, und erblickte zum erstenmale in England die 5 Saturnustrabanten mit dem Saturn, wodurch er seine Landsleute von der Existenz derselben überzeugte.

Uebrigens muthmaßte Huygens, daß zwischen dem vierten und fünften Saturnustrabanten wegen ihrer großen Entfernung von einander noch ein sechster vorhanden seyn möge.

Ueber die wunderbare Erscheinung des Saturnusringes haben Jakob Cassini und Maraldi p) sehr viele Beobachtungen angestellt, und dadurch Huygens Erklärung vollkommen bestätigt. Hiebey wollten sie bemerkt haben, daß der Ring nach innen oder gegen den Saturn zu heller sey, als gegen den äußern Umfang. Cassini war endlich geneigt zu glauben, daß der Ring aus unendlich vielen Monden oder Trabanten zusammengesetzt sey, welche den Saturn wie eine Krone umgäben, und in der Saturnusatmosphäre beständig um den Planeten herumgeschleudert würden, von uns aber wegen ihrer Kleinheit als solche nicht wahrgenommen werden könnten. Dagegen

n) Cosmotheoros. lib. II.

o) Astrotheolog. lib. VII. cap. 7.

p) Mémoires de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1715. 1716.

gen hielt sie Whiston [q]) für Dünste, welche aus dem Saturn selbst aufsteigen.

Weil die Planeten nach den nämlichen Gesetzen, wie die Erde, um die Sonne laufen, von derselben ihr Licht erhalten, sich um ihre Axen drehen, und zum Theil auch von Monden begleitet werden, so läßt sich leicht vermuthen, daß man bald auf den Gedanken kam, sie für Körper zu halten, welche eine große Aehnlichkeit mit unserer Erde hätten. Ueberdem war auch leicht zu schließen, daß alle diese Körper zu weit höhern Bestimmungen, als zum bloßen Schauspiele, Stellen im Weltraume einnehmen. Huygens [r]) und von Fontenelle [s]) haben die höchst wahrscheinliche Vermuthung, daß die Planeten zum Wohnorte denkender und empfindender Wesen bestimmt sind, überaus schön ausgeführt. Einige haben aber die Aehnlichkeit der Planeten mit der Erde zu weit getrieben. So stellt sich Wolf [t]) im Jupiter Bewohner vor, deren Körper ganz den unsrigen ähnlich, und nach eben den Verhältnissen gebauet sind. Weil das Sonnenlicht im Jupiter wegen seiner fünfmal größern Entfernung von der Sonne 25mal schwächer, als bey uns ist, so muß nach ihm der Augenstern dieser Jupitersbewohner, um eben so viel Licht aufzufassen, 25 mal mehr Fläche, mithin einen 5mal größern Durchmesser, als der unsrige, haben, und der Natur des

Königs

q) Praelect. astron.

r) Cosmotheoros s. de terris coelestibus.

s) Entretiens sur la pluralité des mondes. Paris 1686. 12. übers. mit Anmerk. von Bode. Berlin 1780. 8. 1789. 8.

t) Elementa astron. theor. cap. II. schol. sub fine.

Königs Og zu Basan gleichen, dessen eisernes Bette, nach Mosis Erzählung, eine Länge von 9, und eine Breite von 4 Ellen hatte.

Kometen.

Hevel hatte bereits bemerkt, daß die von Keplern angenommene und von andern Astronomen beybehaltene geradlinigte Bahn der Kometen zwischen der Sonne und der Erde ihren Erscheinungen kein völliges Genüge leistete; er erkannte sie vielmehr für parabolisch gekrümmt, setzte aber die Sonne nicht ausdrücklich in den Brennpunkt der Bahn (Th. I. S. 500). Endlich ward auch im Jahre 1680 die wahre Gestalt der Kometenbahnen, wenigstens ihres sichtbaren Theils, von einem Deutschen entdeckt. In diesem Jahre ließ sich nämlich ein großer Komet am Himmel sehen, welcher ein allgemeines Schrecken verbreitete, und welchen zuerst Gottfried Kirch in Koburg wahrnahm. Er bewegte sich mit einer Beschleunigung, die am 30. Novemb. täglich 5° betrug, gerade zur Sonne hin, näherte sich hierauf derselben etwas langsamer, und erreichte sie zu Anfange des Decembers. Am 22ten Decemb. kam er wieder auf der andern Seite der Sonne zum Vorschein, durchlief 5°, und nahm nach und nach an Geschwindigkeit ab, bis er mitten im März des Jahres 1681. unsichtbar wurde. Die Ekliptik hatte er in zweyen Punkten durchschnitten, welche 98° von einander entfernt waren. Nachdem er von der Sonne zurückkam, hatte sein Schweif eine Länge von 70°. Die Erde hatte zu selbiger Zeit eine sehr bequeme Stellung, daß man seine Annäherung gegen die Sonne sowohl als auch seine Rückkehr sehr gut beobachten konnte.

Die-

Diesen Komet hatte der Prediger zu Plauen im Voigtlande, Georg Samuel Dörfel [u]), am 29ten Nov. bis zu Ende des Januars beobachtet. Er bewies, daß der erschienene und zurückgegangene Komet ein und der nämliche sey, und zeigte zuerst, daß seine Bahn, so lange der Komet sichtbar gewesen, eine Parabel sey, in deren Brennpunkte die Sonne liege.

Um die nämliche Zeit entdeckte Newton die Theorie des Kometenlaufs, welche er einige Jahre darauf in seinen Principien bekannt machte; Dörfels Muthmaßung, die er aus Beobachtungen gezogen hatte, war bey Newton eine nothwendige Folge des allgemeinen Systems der Gravitation und der Centralbewegungen. Er bewies, daß nach dem Gesetze der allgemeinen Gravitation die Kometenbahnen eigentlich Ellipsen seyn müssen [v]), wie die Planetenbahnen, in deren einem Brennpunkte die Sonne sich befindet, weil sonst die Kometen nie zur Sonne wieder zurückkehren könnten. Weil wir aber die Kometen nur eine sehr kurze Zeit sehen, so müssen die Ellipsen, welche die Kometen beschreiben, von solcher Beschaffenheit seyn, daß nur ein kleiner Theil in der Nähe der Erde und der Sonne, oder in der Nähe des Brennpunktes liegt, d. h. Ellipsen von sehr großer Eccentricität. Newton betrachtete daher zur Erleichterung der Rechnung den sichtbaren Theil der Kometenbahn als eine um die Sonne, als Brennpunkt, gehende Parabel. Er zeigte, wie aus drey Beobachtungen eines Kometen die Elemente des parabolischen Theils

u) Astronomische Beobachtung des Kometen, welcher A. 1680 und 1681. erschien, von G. S. D. Plauen 1681. 4.

v) Princip. lib. III. prop. XL.

Theils seiner Bahnen zu finden sind. Die Berechnungen, welche er als Beyspiel über den Kometen von 1680 angestellt hatte [w]), trafen mit Flamstead's und Kirchs Beobachtungen so genau überein, daß gar kein Zweifel mehr zurückbleiben konnte. Besonders merkwürdig hiebey war die große Nähe, in welcher der damalige Komet bey der Sonne vorüber gegangen war. Die kleinste Entfernung desselben von der Sonne betrug $\frac{1}{163}$ der Entfernung der Erde von der Sonne. Daraus berechnete Newton, aber mit eigenen Grundsätzen der Wärme, daß dieser Komet die Sonnenhitze 28000 mal stärker als die Erde empfunden, oder daß die Erhitzung des Kometen die von einem glühenden Eisen 2000 mal übertroffen habe. — Allein wie hätte dieser Komet eine solche Glut ertragen können, ohne ganz in Dämpfe aufgelöset zu werden? Er war daher genöthigt, den Kern des Kometen von überaus großer Dichtigkeit anzunehmen, welches zugleich die damalige Vermuthung noch mehr bestärkte, daß die Kometen unvergängliche Körper seyen.

Halley [x]) unternahm es zuerst, nach der Newtonschen Theorie aus gesammleten Beobachtungen die parabolischen Bahnen von 24 Kometen, die in den Jahren 1337 bis 1698 erschienen, mit großer Mühe zu berechnen, und brachte die berechneten Elemente der Bahnen in eine Tabelle. Hiebey fand Halley, daß unter den von ihm berechneten Kometen drey sich befanden, nämlich die von den Jahren 1531, 1607 und 1682, welche fast einerley Elemente hatten, und daß die Dauer der Zwischenzeit ihrer Erscheinung 75 bis

w) Princip. lib. III. prop. XLI. exempl.

x) Synopsis astronomiae cometicae in Philos. Trans. 1705.

bis 76 Jahre sey, woraus er schloß, das dies wohl ein und derselbe Komet seyn könne. Hieraus verkündigte Halley die Wiederkunft dieses Kometen auf das Jahr 1759. Diese in ihrer Art einzige Vorhersagung traf auch glücklich ein, und verbreitete über die Lehre der Kometen ein allgemeines Licht.

Aehnliche Muthmaßungen von der Wiedererscheinung eines andern Kometen erlaubte sich Halley, nämlich den von 1532 und 1661, welcher im Jahre 1790 vermöge der Beobachtung des Apian und Hevel wieder kommen sollte. Allein es ist diese Vorhersagung nicht zugetroffen. Es hatte nämlich Apian seine Beobachtungen im 16ten Jahrhunderte mit solchen schlechten Instrumenten angestellt, daß schon zu vermuthen war, diese Vorhersagung werde nicht zutreffen, wie bereits die Herrn Olbers y) und von Zach z) vorher gesagt hatten.

Endlich bestimmte auch Halley noch die Wiederkunft des größten von allen jemals gesehenen Kometen, welcher zuletzt 1680 sichtbar war, und der Erde am nächsten kommt, auf das Jahr 2254. Er glaubte, daß dieser Komet 46 Jahre vor Christi Geburt gleich nach dem Tode des Julius Cäsar, und um die Sündfluth erschienen seyn müsse. Diesen Kometen hielt er für die Ursache der Sündfluth, welchen Gedanken Whiston noch weiter ausgeführt hat.

Von der Natur und Beschaffenheit der Kometen sind die Meynungen auch in diesem Zeitraume verschieden. Ich führe nur einige an.

Jakob

y) Leipzig. mathemat. Magazin. 1787. St. IV. S. 430.
z) Gothaische gelehrte Zeitungen 1788. St. 92.

Jakob Bernoulli[a]) stellt sich einen Hauptplaneten vor, welcher von der Sonne unendlich weit absteht, und um diese sich bewegt. Wegen seiner großen Entfernung ist er uns nicht sichtbar. Um diesen Hauptplaneten bewegen sich in verschiedenen Entfernungen eine unendliche Menge von Monden, wovon aber keiner die Jupitersbahn erreicht. Einen solchen Mond läßt er auf eine mechanische Art mittelst der Wirbel zur Sonnennähe kommen, und dann zeigt er sich uns als Komet.

Hooke[b]) meint, der Komet sey aus einem Planeten entstanden, dessen Schwere gegen den Mittelpunkt, um den er sich bisher gedreht habe, durch einen innern Brand aufgehoben sey, welcher folglich seine Bahn verlasse, und vom Aether in ätherische Theile aufgelöset werde. Dadurch würden diese Theile specifisch leichter als die Sonnenmaterie, und fliehen daher die Sonne. Hieraus erklärt er, warum der Schweif allemal von der Sonne abwärts gerichtet ist. Nach Hooke's Meynung ist also der Komet ein wirklich brennender Körper, dessen Schweif mit dem Kerne so zusammenhängt, wie die Flamme mit einer brennenden Kerze.

Newton's Gedanken über die Natur der Kometen sind diese: der Kern selbst besteht aus einem ungemein dichten Körper, auf welchem durch die Einwirkung der Sonnenwärme glühende Dämpfe erzeugt werden, die den Schweif bilden. Diese Dämpfe entstehen in der Sonnennähe, und entfernen sich mit dem Kerne in die entferntesten Gegenden, von welchen sie nach

a) Vid. *Gregorii* astron. phys. et geometr. elem. lib. V. prop. II.

b) Posthumous Works.

nach einer langen Reihe von Jahren entweder wieder zur Sonne zurückkehren oder vielmehr in den unermeßlichen Himmelsraum zerstreuet werden. Die zerstreueten Dämpfe werden nach und nach von den Planeten angezogen, vermischen sich mit ihren Atmosphären und dienen zur Erhaltung der Meere und Feuchtigkeiten in den Planeten. Newton ist sogar geneigt zu glauben, daß der feinste und vornehmste Theil unserer atmosphärischen Luft, welcher zur Erhaltung des Lebens aller erschaffenen Dinge dient, vornemlich von den Kometen abstamme.

Fixsterne.

Die scheinbare Bewegung, da sich die Fixsterne mit der Ekliptik parallel um ihre Pole zu drehen scheinen, konnte bisher von keinem einzigen erklärt werden. Newton's System gab endlich auch von dieser Erscheinung Rechenschaft. Er zeigte [e]), daß die Gravitation der nicht vollkommen sphärischen, sondern um die Pole abgeplatteten, Erde gegen Sonne und Mond die Knotenlinie der täglichen Umdrehung beständig zurücktreiben müsse. Wenn man sich nämlich um den Aequator der Erde einen Ring vorstellt, welcher aus angehäuften materiellen Theilen zusammengesetzt ist, und sich binnen 24 Stunden um die völlig kugelrunde Erde dreht, so wird zwar dieser Ring eine weit größere Schwere gegen die Erdkugel, als gegen die Sonne und gegen den Mond haben; allein beyde Himmelskörper werden doch gegen den Ring keine stärkere Anziehung als gegen die übrigen Theile der Erde beweisen. Weil nun dieser Ring in der Ebene des Aequa-

tors

e) Princip. lib. III. propos. XXXIX.

tors liegt, und Sonne und Mond jederzeit aus der Ebene der Ekliptik darauf wirken, so wird hieraus die nämliche Wirkung wie bey den Planetenbahnen entstehen; die Punkte des Erdringes werden nämlich die Ebene der Ekliptik bey jeder Umdrehung etwas früher durchschneiden, als sonst geschehen würde; daher die Durchschnittspunkte oder Knoten der Umdrehung nach der Seite, welche den Bewegungen der Erde und des Mondes entgegengesetzt ist, d. i. gegen die Ordnung der Zeichen fortrucken müssen. Nach Newton's Berechnung beträgt die Wirkung der Sonne jährlich 9″ 7‴ 20⁗, und die des Mondes 40″ 52‴ 52⁗, also die gesammte Wirkung beyder Himmelskörper 50″ 12⁗, welches mit den damaligen astronomischen Beobachtungen ziemlich genau zusammenstimmte. Newton hatte bey seiner Berechnung Voraussetzungen angenommen, welche unerwiesen und unrichtig waren, und welche nachher besonders durch d'Alembert verbessert worden sind.

Durch diese Wirkung muß es uns also nothwendig scheinen, als ob die Fixsterne nach der Ordnung der Zeichen jährlich um etwas fortruckten, und nach einer langen Reihe von Jahren einen Umlauf mit der Ekliptik parallel machten. Um dieses deutlicher zu zeigen, stelle man sich unter (fig. 83.) ef die Ekliptik und unter ab den Aequator vor; beyder Durchschnittspunkt ♈ ist der Anfangspunkt der Ekliptik. Wenn nun vor einer Reihe von Jahren der Stern α, da er senkrecht unter ♈ stand, die Länge 0 hatte, jetzt aber eine Länge von 24 Graden, so kann dies entweder daher rühren, weil der Stern α von der Zeit an bis jetzt wirklich nach der Ordnung der Zeichen von α bis g mit der Ekliptik ef parallel um 24 Grade fortgerückt

rückt ist, indem ♈ unverändert in h blieb, oder es kann daher kommen, weil sich der Punkt ♈ in der Ekliptik selbst 24 Grad gegen die Ordnung der Zeichen von h bis i fortgeschoben hat, indem der Stern α unbewegt geblieben ist. Jene Bewegung mußten die Vertheidiger des Tychonischen Systems annehmen, diese findet aber weit richtiger nach dem Copernicanischen System statt, von welcher eben Newton den Grund angab. Die Richtung von h nach i ist zwar der Ordnung der Zeichen entgegen, und die Bewegung des Punktes ♈, so wie des gegenüberstehenden Punktes der Ekliptik, oder der beyden Nachtgleichen, eigentlich ein Rückwärtsgehen; es ist aber ein für allemal gewöhnlich geworden, dieser Bewegung den Nahmen des Vorrückens der Nachtgleichen zu geben. Um sich also dieses Fortrucken der Nachtgleichen gehörig vorzustellen, muß man sich die Ekliptik ef unbeweglich denken, den Aequator ab aber, welcher die Ekliptik in ♈ und in noch einen gegen über liegenden Punkt schneidet, mit paralleler Bewegung, bey der Voraussetzung, daß die Schiefe der Ekliptik unverändert bleibt, langsam nach ad fortrucken lassen.

Eine andere merkwürdige Bewegung der Fixsterne, nach welcher sie jährlich eine kleine Ellipse, deren Axe 40 Sekunden beträgt, zu beschreiben scheinen, ward in diesem Zeitraume nebst ihrer Ursache entdeckt. Die Veranlassung dazu war folgende. Man hatte gegen das Copernicanische System besonders den Einwurf gemacht, daß man an den Fixsternen gewöhnlich keine merkliche jährliche Parallaxe finde, welches doch statt haben müsse, wenn sich die Erde wirklich bewege. Um nun vielleicht eine jährliche Parallaxe an den Fixsternen wahrzunehmen, gaben sich besonders Hoo-

 ke,

ke, Flamstead [d]) und Jakob Cassini [e]) außerordentliche Mühe; sie nahmen auch wirklich kleine Veränderungen der Stellen der Fixsterne wahr, ohne jedoch beweisen zu können, daß sie von der jährlichen Parallaxe herrührten. Auch Maraldi und andere bemühten sich, durch Beobachtungen auszumachen, ob wirklich die Fixsterne eine jährliche Parallaxe zeigten. Horrebow glaubte aus Römers und seinen eigenen Beobachtungen eine jährliche Parallaxe von 30 Sekunden schließen zu können, und gründete darauf eine Vertheidigung des Copernicanischen Systems [f]). Allein Manfredi [g]) zeigte, daß alle diese Veränderungen keinesweges nach den Gesetzen erfolgten, nach welchen sich die jährliche Parallaxe vorstellen müßte. Da also alle diese Bemühungen fruchtlos waren, entschloß sich endlich Jakob Bradley, dergleichen Beobachtungen an den Fixsternen mit dem größten Fleiße anzustellen. Zu dem Ende gebrauchte er im Jahre 1725 in Kew bey London einen von Graham verfertigten Sektor von 24 Fuß Halbmesser, dessen Gradbogen nur einige Minuten vom Kreise enthielt, und beobachtete mehrere Tage hinter einander die Abstände von 20 Sternen vom Scheitel. Er setzte seine Beobachtung hierüber bis ins Jahr 1728 fort, und fand, daß alle Fixsterne zu der Zeit, wo sie am Tage durch den Mittagskreis rückten, täglich etwas weiter gegen Süden fortgiengen; zu der Zeit hingegen, wenn sie des Nachts culminirten, von Tag zu

d) Epistola Flamsteadii ad Wallisium. Vol. III. fol. 107. sqq.

e) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1717.

f) Copernicus triumphans. Hafniae 1727. 4.

g) Diss. de annuis inerrantium stellarum aberrationibus. Bonon. 1724. 4.

zu Tag weiter gegen Norden rückten; überhaupt aber alle nach Verlauf eines Jahres wieder in ihre vorige Stelle zurückkamen, nachdem sie indessen eine Ellipse durchliefen, deren große mit der Ekliptik parallele Axe 40″ betrug, die kleine auf der Ekliptik senkrecht stehende Axe aber, bey Sternen in der Ekliptik selbst, Null, im Pole der Ekliptik ebenfalls 40″ war, und in den Zwischenstellen sich wie der Sinus der Breite des Sterns verhielt; daher der Stern γ oder D im Drachen, welcher nahe am Nordpole der Ekliptik steht, einen Kreis von 40 Sekunden im Durchmesser zu beschreiben schien. Allein diese Bewegung folgte gar nicht aus den Regeln, nach welchen sich eine aus der jährlichen Parallaxe der Erdbahn entstehende scheinbare Bewegung hätte darstellen müssen. Als nun Bradley sich überzeugt hatte, daß diese Bewegung eine allgemeine Erscheinung der Fixsterne sey, so dachte er auf die Ursache derselben. Eine jährlich wiederkehrende und allgemeine Ursache mußte entdeckt werden, deren Wirkung sich wie der Sinus der Breite des Sternes verhielt, und bey ihrem größten Werthe 40″ betrug. Glücklicher Weise bemerkte Bradley, daß diese 40″ gerade den Bogen der Erdbahn ausmachten, welchen die Erde in 16 Minuten durchläuft, und es fiel ihm hiebey Römers Behauptung von der Fortpflanzung des Lichtes bey (S. 155.). Daher kam er auf den Gedanken, daß das Licht wol gerade die Zeit von 16 Minuten brauche, um den Durchmesser der Erdbahn zu durchlaufen. Nun konnte er sich sogleich vorstellen, daß wir die in der Ekliptik stehenden Sterne, wenn sie in Conjunktion mit der Sonne sind, und also hinter ihr und weiter von uns stehen, um 16 Minuten später erblicken müssen, als wenn sie in Opposition d. i. auf eben der

Sei-

Seite der Sonne mit uns selbst sind und also uns um den Durchmesser der Erdbahn näher stehen, und daß wir sie eben deßwegen im erstern Falle um 40″ weniger fortgerückt erblicken, als im letztern, woraus sich die Erscheinungen der Bewegung für die in der Ekliptik stehenden Sterne, welche eine gerade Linie statt der Ellipse zu beschreiben scheinen, vollkommen erklären. In Absicht auf die außer der Ekliptik stehenden Sterne fiel Bradley auf den glücklichen Gedanken, die Bewegung des Lichts mit der bewegenden Erde nach den Gesetzen der Zusammensetzung der Bewegungen zu verbinden, und nachdem er seine Erklärung mit allen Beobachtungen übereinstimmend gefunden hatte, stattete er davon im Jahre 1728 öffentlichen Bericht ab [h]). Er nannte diese scheinbare Bewegung die Abirrung des Lichts. Diese Entdeckung zeigte also nicht allein die Richtigkeit von Römers Behauptung, daß sich nämlich das Licht allmählich fortpflanze, sondern sie gab auch einen direkten Beweis von der Umdrehung der Erde um die Sonne ab, und bestätigte dadurch das Copernicanische System auf eine ganz unerwartete Weise. Ueberdem ward dadurch erwiesen, daß die Entfernung der Fixsterne, so wie schon Copernicus behauptet hatte, für uns im eigentlichsten Verstande unermeßlich sey.

Außer diesen scheinbaren Bewegungen der Fixsterne, welche ihren Grund in der Bewegung der Erdkugel haben, fand Halley [i]) noch eine eigene und wirkliche Bewegung an den Fixsternen. Er verglich nämlich die ältern Beobachtungen mit den neuern, und entdeckte an einigen großen Fixsternen, dem Aldebar

h) Philosoph. Transact. n. 406.

i) ibid. n. 355.

debaran, Arktur und Sirius eine eigene Bewegung, welche seit Ptolemäus Zeiten um einen halben Grad weiter nach Süden gerückt schienen.

Durch alle diese Beobachtungen und Entdeckungen mußten sich den Beobachtern nothwendig weit erhabnere Begriffe von den Fixsternen aufdringen, als sich die ältern Astronomen davon gemacht hatten. Schon Huygens [k]) bemerkte in einer Schrift, welche zu bloßen Muthmaßungen bestimmt war, daß man Grund genug habe, einen jeden Fixstern für eine eigene Sonne zu halten, um welche sich eben so wohl, wie um unsere Sonne, bewohnbare Planeten gedenken ließen, und widerlegte zugleich Keplern, der von solchen erhabenen Vorstellungen noch weit entfernt war (Th. I. S. 130.). Besonders aber hat der Herr von Fontenelle [l]) diesen Gegenstand mit einer ihm eigenthümlichen Lebhaftigkeit und Anmuth vorgetragen, und seine Schrift, welche leider noch eine Menge von Erklärungen aus der Theorie der Cartesianischen Wirbel enthält, hat vorzüglich durch die lehrreichen Zusätze und Berichtigungen des Herrn Bode eine ungemein vortheilhafte Gestalt erhalten.

Was endlich die neuen Fixsterne betrift, so leitet Newton die Entstehung derselben von der Wirkung der Kometen ab. Wenn sich nämlich Fixsterne nach und nach in Dünste auflösen, und verlöschen, so können diese durch Kometen, die auf sie fallen, wiederum entzündet werden, so daß sie anfänglich mit einem

k) Cosmotheoros s. de terris coelestibus earumque ornatu conjecturae.

l) Entretiens sur la pluralité des mondes übers. mit Anmerk. von Bode. Berlin 1789. 8.

nem ungemein starken Lichte glänzen, nach und nach aber wieder verschwinden.

Beyspiele von neuen und wunderbaren Sternen findet man gesammlet beym jüngern Cassini [m]).

Viertes Kapitel.

Von den Meynungen und Entdeckungen, welche unsere Erde insbesondere angehen.

Gestalt der Erde.

Huygens erklärte schon aus physischen Gründen unsere Erde für ein an den Polen abgeplattetes Sphäroid (S. 6.). Nachdem Newton sein System von der allgemeinen Schwere entwickelte, bestimmte er als eine natürliche Folge seines Systems die sphäroidische Gestalt der Erde aus den nämlichen Gründen wie Huygens. Er sagt [n]), wenn sich die Planeten nicht um ihre Axe dreheten, so müßten sie wegen der Schwere, welche von allen Seiten gleich wirke, eine Kugelgestalt annehmen. Durch die Umdrehung um die Axe aber werden diese Theile von der Axe entfernt, und streben, sich um den Aequator zu erheben. Wenn daher die Materie flüssig ist, so muß der Durchmesser um den Aequator durch ihr Erheben vergrößert, die Axe hingegen durch ihr Niedersinken bey den Polen kürzer werden. Auf diese Weise findet man nach übereinstimmenden astronomischen Beobach-

tun-

m) Elements d'astronomie chap. VI.

n) Princip. lib. III. prop. XVIII.

tungen den Durchmesser des Jupiters zwischen seinen Polen kürzer, als nach der Richtung von Morgen gegen Abend. Aus eben der Ursache muß unsere Erde um den Aequator höher, als bey den Polen, seyn; denn sonst würde sich das Meer an den Polen senken, um den Aequator aber erheben und eine Ueberschwemmung verursachen.

Hierauf stellte Newton o) nach den Gesetzen der Schwere eine Rechnung über das Verhältniß des Durchmessers des Aequators und der Axe an, wobey er zugleich auf den Umstand Rücksicht nahm, daß die Materie um den Aequator nicht allein durch den Schwung, sondern auch wegen des Gesetzes der Schwere, da sie im verkehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernung von dem Mittelpunkte abnimmt, leichter, als die Materie bey den Polen werden müsse. Auf diese Weise ward zwar die Rechnung etwas verwickelter, aber richtiger als sie Huygens angestellt hatte, welcher auf den Umstand, daß die Schwere im Aequator geringer als in den Polen sey, keine Rücksicht nahm.

Newton findet, so wie Huygens, die Schwungkraft unter dem Aequator, welche er mit der Schwere um Paris verglich, $\frac{1}{289}$ der Schwere. Setzt man also die durch den Schwung gebildete sphäroidische Erde (fig. 84) apbq, und acq sey eine Röhre mit Wasser angefüllt, die sich von dem Pole q nach dem Mittelpunkte c und von da nach dem Aequator a erstreckt, so muß sich das Gewicht des in dem Schenkel ac enthaltenen Wassers zum Gewicht des in dem andern Schenkel cq wie 289 : 288 verhalten. Wenn nun die sphäroidische Erde aus einer gleichförmigen

o) Princip. lib. III. prop. XIX.

migen Masse besteht, deren Axe pq zum Durchmesser ab wie 100 : 101 sich verhält, und welche völlig ruht, so findet Newton die Schwere am Ende der Axe a zur Schwere am Ende des Durchmessers q im Verhältnisse 501 : 500. Bey der wirklichen Umdrehung der Erde aber muß hiebey auch auf die Schwungkraft gesehen werden. Weil nun der Druck flüssiger Materien nach dem Produkte der Schwere in die Menge der Materie oder in die Höhe der Säulen zu schätzen ist, so würde der Druck der Säulen qc und ac sich wie 501 . 100 : 500 . 101, d. i. wie 501 : 505 verhalten. Wenn also das Sphäroid durch den Schwung im Gleichgewichte erhalten werden sollte, so müßte selbiger so groß seyn, daß er die Schwere der Masse in ac von 505 auf 501 herabbrächte, oder um $\frac{4}{505}$ verminderte. So groß ist aber die Schwungkraft bey der Erde nicht; sie vermindert nämlich die Schwere bey a nur um $\frac{1}{289}$; daher kann auch bey ihr das Verhältniß 100 : 101 = qc : ac nicht statt haben, oder die Abplattung nicht völlig $\frac{1}{100}$ betragen. Um aber die wirkliche Abplattung der Erde zu finden, schließt Newton nach der Regel Detri: eine um $\frac{4}{505}$ verminderte Schwungkraft würde den Ueberschuß von ac über qc = $\frac{1}{100}$ geben, wie groß wird der Ueberschuß von einer um $\frac{1}{289}$ vermindernder Schwungkraft seyn? Er findet also $\frac{4}{505} : \frac{1}{100} = \frac{1}{289} : \frac{1}{229}$ d. h. der Ueberschuß von ac um qc beträgt $\frac{1}{229}$, oder ac : pc = 230 : 229.

Die Gründe, auf welche alle diese Schlüsse gebaut sind, hatten zwar in der Theorie ihre völlige Richtigkeit; allein die daraus abgeleitete Gestalt der Erde ließ sich noch nicht als unbezweifelt gewiß annehmen, indem es dabey vorzüglich mit auf die Natur

und

und Beschaffenheit der Erde selbst ankommt. Es war daher nöthig, so wie auch Picard angerathen hatte, die Gradmessung fortzusetzen, um die Gestalt der Erde außer allem Zweifel zu setzen.

Nach dem richtigen Urtheile der englischen Gelehrten kam es nun hiebey vorzüglich darauf an, ein Paar Grade zu messen, wovon der eine dem Pole, und der andere dem Aequator so nahe als möglich lag. Denn wenn nach Newton's Schlüssen die Erde eine wirkliche sphäroidische Gestalt besitzt, so nehme man an, ein Meridian derselben stelle die Fläche aqbp vor; daraus wird nun nothwendig folgen, daß der Meridian bey p, wo die Erde abgeplattet ist, weniger gekrümmt seyn müsse als bey a, wo sie mehr erhaben ist; daher muß auch der Halbmesser der Krümmung bey p größer, als der bey a seyn. Aber nun werden auch die Richtungslinien der Schwere nicht in dem Mittelpunkte c zusammenkommen, sondern sie werden in andere Punkte fallen, welche die Halbmesser der Krümmung bestimmen. Sind die Bogen pe und ad klein, so kann man sie als Kreisbogen betrachten, wozu die Halbmesser der Krümmungen pf und dk gehören. So können also die Winkel f und k Einen Grad, mithin auch die Bogen pe und ad Einen Grad betragen, wenn im erweiterten Meridiane ein Punkt an der Himmelskugel, welcher mit der verlängerten Linie ca am Himmel zusammenfällt, einen Bogen von 1° im Meridiane in seiner Bewegung zurückgelegt hat. Nun ist aber der Halbmesser pf länger als der Halbmesser ak, folglich muß auch der Bogen pe größer als der ihm ähnliche ad seyn, oder, welches einerley ist, der Grad des Mittagskreises muß da größer seyn, wo die Erde abgeplattet,

 hin-

hingegen da kleiner, wo sie erhaben ist. Bey dieser Voraussetzung mußte nun folgen, daß bey wirklicher Ausmessung Ein Grad gegen die Pole zu mit dem Grade gegen den Aequator zu nicht gleich gefunden werden müsse. Wenn folglich Huygens und Newtons Schlüsse ihre Richtigkeit hätten, so müßte man einen Grad gegen die Pole oder gegen Norden hin größer als einen gegen den Aequator oder gegen Süden hin finden.

Willebrord Snellius hatte in den Niederlanden den Grad des Mittagskreises 55021 Paris. Toisen, und Picard in Frankreich 57060 Toisen (S. 3.) gefunden. Hiernach wäre also der nördliche Grad kleiner als der südliche, und daraus schloß schon Eisenschmidt p), daß unsere Erde ein länglichtes Sphäroid sey, d. i. daß sie um den Aequator eingedruckt, an den Polen aber erhoben sey, welches folglich mit Huygens und Newtons Schlüssen nicht übereinstimmte. Aus dieser Vergleichung konnte man aber noch gar keinen sichern Schluß auf die eigentliche Gestalt der Erde machen, da schon Snellius selbst bey seiner Messung Fehler entdeckt hatte, so viel Aufsehens sie auch damals machte, und zu Streitigkeiten Veranlassung gab. Um nun von diesem wichtigen Gegenstande nähere Auskunft zu erhalten, ward von dem Könige von Frankreich dem Dominic. Cassini aufgetragen, Picard's Messungen fortzusetzen. Cassini q) zog daher in den Jahren 1700 und 1701 eine von der Pariser Sternwarte bis an die Pyrenäen fortgehende Mittagslinie, welche vermöge der astronomi-

p) Diatribe de figura telluris elliptico-sphaeroide. Argentor. 1691. 8.

q) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1701.

nomischen Beobachtungen 6° 18′ eines Mittagskreises der Erdkugel ausmachte. Aus genauen Vergleichungen mit dem veränderlichen Stande des einen oder andern Sterns gegen das Zenith im nördlichen und südlichen Frankreich fand Cassini die Größe eines Grades vom Meridiane südwärts von Paris 57126 und nordwärts 57055 Toisen, woraus wiederum das Gegentheil von Newton's Meynung zu folgen schien.

Um nun noch gewisser zu gehen, und vorzüglich auch zur Vervollkommnung der Geographie von Frankreich, erhielten im Jahr 1718 Jakob Cassini, ein Sohn des vorigen, Maraldi und der jüngere de la Hire r) den Auftrag, die Pariser Mittagslinie auch nordwärts und durch das ganze Königreich zu verlängern. Der südliche Bogen gieng bis Collioure, und der nördliche bis Dünkirchen. Ihre Messungen gaben folgende Resultate:

	Bogen	Länge in Toisen	Größe d. Grades
südlicher Bogen	6° 18′ 57″	360614	57097
nördlicher —	2° 12′ 9½″	125454	56963

Da nun auch hier der nördliche Grad kleiner als der südliche angegeben ward, so hielten von dieser Zeit an die Mitglieder der Akademie zu Paris die Erde für ein längliches Sphäroid, bestritten Newton's Meynung und behaupteten, man müsse den Erfahrungen mehr Glauben beymessen, als allen theoretischen Resultaten, welche sich auf unzuverlässige Voraussetzungen

r) *Jaques Cassini* tr. de la figure et de la grandeur de la terre in den Mémoir. de l'Acad. des scienc. an. 1718. auch besond. gedr. zu Amsterd. 1723. 8. Jakob Cassini von der Figur und Größe der Erde, herausg. von Klimm. Leipz. 1741. 8.

gen gründeten. Dagegen vertheidigten die englischen Gelehrten z. B. David Gregory, Krill, Maclaurin, Stirling, so wie auch Hermann die Newtonsche Meynung, hielten die französischen Messungen für unzuverlässig, und setzten denselben außer andern Gründen vorzüglich diesen entgegen, daß die gemessenen Bogen viel zu nahe an einander, und auf einem allzukleinen Theile der Erdfläche beysammen lägen, um daraus Resultate zu erhalten, aus welchen man mit Sicherheit auf die wahre Gestalt der Erde schließen könnte. Dieser Streit dauerte eine ziemliche Reihe von Jahren und wurde erst nach Newton entschieden.

Inzwischen gieng Newton in seiner Theorie noch weiter, und bewies, daß auf der sphäroidischen Gestalt der Erde die Zunahme der Schwere vom Aequator an gegen die Pole gerechnet sich wie das Quadrat des Sinus der Breite verhalten müsse [s]). In eben dem Verhältnisse nehmen auch die Bogen der Grade der Breite im Mittagskreise zu. Da also die Breite zu Paris 48° 50′, die unter dem Aequator 0°, und die unter den Polen 90° ist; da überdem die Schwere im Pole zur Schwere im Aequator wie 230 : 229, und der Ueberschuß der erstern zur Schwere im Aequator wie 1 : 229 ist; so fand Newton daraus die Schwere um Paris zu der im Aequator wie 2295667 : 2290000. Weil sich nun die Länge der Sekundenpendeln, wie die verschiedenen Schweren verhalten, und die Länge des Sekundenpendels in Paris 3 Fuß 8⅗ Linie ausmacht, so wird die Länge des Sekundenpendels zu Paris von der im Aequator um 1,087 Linien übertroffen, also würde die Pendellänge eines

s) Princip. lib. III. prop. XX.

eines Sekundenpendels unterm Aequator = 439,46 Paris. Linien betragen. Diesen Voraussetzungen gemäß hat Newton folgende Tafel berechnet:

Breite der Oerter	Pendellänge	Größe eines Grades im Mittagskreise
0°	3 Fuß 7,468 Linie	56637 Toisen
5	3 — 7,482 —	56642 —
10	3 — 7,526 —	56659 —
15	3 — 7,596 —	56687 —
20	3 — 7,692 —	56724 —
25	3 — 7,812 —	56764 —
30	3 — 7,948 —	56823 —
35	3 — 8,099 —	56882 —
40	3 — 8,261 —	56945 —
45	3 — 8,428 —	57010 —
50	3 — 8,594 —	57074 —
55	3 — 8,756 —	57137 —
60	3 — 8,907 —	57196 —
65	3 — 9,044 —	57250 —
70	3 — 9,162 —	57295 —
75	3 — 9,258 —	57332 —
80	3 — 9,329 —	57360 —
85	3 — 9,377 —	57377 —
90	3 — 9,387 —	59382 —

Diese Resultate geben zu erkennen, daß die Ungleichheit der Grade gering ist, und daß folglich die Erde ohne merklichen Fehler, besonders bey geographischen Gegenständen, als eine Kugel angesehen werden kann.

Hiernächst führt Newton verschiedene Beobachtungen an, welche in verschiedenen Breiten mit den Pendellängen gemacht worden sind. So machte Richer im Jahre 1671 auf der Insel Cayenne zuerst

die merkwürdige Entdeckung, daß seine von Paris mitgenommene Pendeluhr täglich um 2 Minuten zu langsam gieng, und er mußte die Länge des Pendels um $1\frac{1}{4}$ Linie verkürzen, wenn es eben so viele Schwünge in einer bestimmten Zeit, wie zu Paris, vollbringen sollte (S. 4.).

Im Jahre 1677 mußte Halley auf der Insel St. Helena die Länge des Pendels seiner von London mitgenommenen Uhr ebenfalls verkürzen, wenn sie die Zeit so wie zu London angeben sollte. Er hat aber die Größe der Verminderung nicht genau bemerkt.

Im Jahre 1682 fanden Varin und des Hayes die Länge des Sekundenpendels auf der Insel Gorea 3 Paris. Fuß $6\frac{5}{9}$ Linien, da sie in demselben Jahre zu Paris 3 Fuß $8\frac{5}{9}$ Linien seyn mußte. Und auf den Inseln Guadeloupe und Martinique beobachteten sie die Länge des Sekundenpendels 3 Fuß $6\frac{1}{2}$ Linie.

Im Jahre 1697 fand Couplet der Sohn, daß er die Länge des Sekundenpendels seiner von Paris mitgenommenen Uhr zu Ulysippo um $2\frac{1}{2}$ Linie, und zu Paraiba um $3\frac{2}{3}$ Linien verkürzen mußte.

Im Jahre 1699 und 1700 mußte des Hayes auf den Inseln Cayenne und Granada die Länge des Sekundenpendels, welche zu Paris 3 Fuß $8\frac{5}{9}$ Linien betrug, auf 3 Fuß $6\frac{1}{2}$ Linie zurückbringen.

Auch der P. Feuillee hatte in Portobello und auf der Insel Martinique Beobachtungen dieser Art gemacht, die aber nach Newton weniger zuverlässig als die vorigen sind.

Nach Newton's Angaben liegen Paraiba im 6° 38′ südlicher Breite, und Cayenne, Gorea, Guadeloupe, Martinique und Granada im 4° 55′; 14° 40′;

40′; 14°; 14° 44′; 12° 6′ nördlicher Breite. Die Vergleichung dieser Beobachtungen mit der von Newton berechneten Tabelle zeigte, daß die Länge des Pendels zu Paris die beobachteten Pendellängen, welche mit jenem gleichzeitig schwingen, etwas mehr übertrift, als es nach der Rechnung seyn sollte. Daher vermuthet Newton, daß die Erde im Aequator erhabener, als er durch die Rechnung gefunden habe, und gegen den Mittelpunkt dichter, als in der Erdrinde, seyn müsse.

Newton's Rechnung konnte freylich nicht in aller Strenge richtig seyn, da sie sich auf Voraussetzungen gründete, welche in der Natur nicht völlig statt finden. Ueberdem waren auch die Beobachtungen der Pendellängen nicht mit so großer Genauigkeit gemacht worden, daß man sie sicher mit der Theorie hätte vergleichen können. Indessen waren sie doch schon hinreichend, zu beweisen, daß die Schwere gegen den Aequator zu geringer als in Europa, und folglich die Erde um den Aequator erhabener als um die Pole sey. Es ist in der That zu verwundern, daß die französischen Gelehrten diese so wichtigen Beobachtungen übersehen konnten, und ihren weit unzuverlässigern Messungen mehr Glauben beymaßen. Allein sie waren meistentheils noch zu große Anhänger vom Cartesianischen Systeme, und wollten nicht gleich eine geringere Schwere unterm Aequator annehmen. Sie suchten vielmehr die Verkürzung der Pendellängen aus einer ganz andern Ursache herzuleiten. Picard hatte nämlich beobachtet, daß eine eiserne Stange, welche in der Kälte des Winters 1 Fuß lang war, am Feuer um $\frac{1}{4}$ Linie, also um $\frac{1}{576}$ ihrer Länge verlängert ward, und de la Hire hatte an einer eisernen Toise,

se, welche im Winter ihr richtiges Maas hatte, wahrgenommen, daß sie im Sommer an der Sonne um $\frac{2}{3}$ Linien oder um $\frac{1}{1296}$ ihrer Länge größer geworden war. Diese Beobachtungen schienen den französischen Gelehrten hinreichend zu seyn, um daraus die Verkürzung der Pendellängen gegen den Aequator abzuleiten. Allein Newton zeigte ganz richtig, daß der Einfluß der Wärme viel zu gering sey, um diese Beobachtungen zu erklären, und schloß vielmehr daraus die verminderte Schwere und die an den Polen abgeplattete Gestalt der Erde. Denn, sagt er, wenn auch gleich die Beobachtungen unter sich nicht aufs vollkommenste übereinstimmen, so sind die Fehler doch so gering, daß sie ganz außer Acht gelassen werden können. Darin kommen sie aber alle überein, daß Pendel, welche gleichzeitig schwingen, unterm Aequator allemal eine kürzere Länge besitzen müssen, als auf der Sternwarte zu Paris, und ihr Unterschied ist nicht geringer als $1\frac{1}{4}$ Linie und nicht größer als $2\frac{2}{3}$ Linien. Gleichwol hielten die französischen Gelehrten diese Pendelversuche nicht für so wichtig, als sie es in der That waren, und ließen darüber die ganze Sache liegen.

Oberfläche der Erde.

Bisher hatte man die merkwürdigen Erscheinungen der feuerspeyenden Berge und der Erdbeben fast allgemein aus einem in der Erde befindlichen Centralfeuer abgeleitet. Erst Gassendi machte einige gegründete Einwendungen dagegen, und suchte sie vielmehr aus der Selbstentzündung einer Mischung aus Salpeter, Schwefel und harzigen Stoffen durchs Hinzukommen wässerigter Feuchtigkeiten zu erklären (S. 8.). Gassendi's Meynung, welche der Natur ziemlich gemäß zu seyn scheint, erhielt in diesem

Zeit-

Zeitraume durch einen berühmt gewordenen Versuch des ältern Lemery noch mehr Bestimmtheit. Es hatte nämlich Martin Lister [t]) den Gedanken, die feuerspeyenden Berge, die Erdbeben, und die Gewitter aus den entzündeten Dämpfen der Schwefelkiese abzuleiten, von welchen Dämpfen er behauptete, daß sie aus einem wahren Schwefel bestünden, und die Fähigkeit besäßen, sich durch Reiben, oder Vermischung mit andern Substanzen von selbst zu entzünden. Die Selbstentzündung hielt er nicht einmal für nöthig zur Erklärung der Vulkane, weil er der Meynung war, daß diese noch von der Schöpfung her unaufhörlich fortbrennten. Listers Gedanke ward nun eben durch den merkwürdigen Versuch des ältern Lemery ungemein bestätigt [u]). Dieser mischte nämlich gepulverten Schwefel mit Eisenfeile zu gleichen Theilen, und knetete die Masse mit eben so vielem Wasser zu einem Teige. Aus dieser Mischung stieg sogleich ein schweflichter Geruch auf, und etwa nach 3 Stunden erhitzte sie sich, ward schwarz, schwoll auf, erhärtete an der Oberfläche, bekam Risse, und verbreitete durch diese brennende Dämpfe, welche bey Berührung der Luft in Flamme ausbrachen. Nachher vermischte Lemery 25 Pfund von jeder Materie zusammen, that diese Mischung zur Sommerszeit in einen Topf, den er mit Leinwand bedeckte, vergrub ihn, und that Ein Fuß hoch Erde darüber. Einige Zeit darnach ward die Erde warm, erhob sich, bekam Risse, aus welchen heisse

t) The cause of the Earth-quakes and Volcano's in Philos. Transact. n. 157. p. 512.

u) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1700.

heisse Schwefeldämpfe hervorbrachen, und zuletzt eine Flamme, welche schwarzes und gelbes Pulver umherwarf. Dieser Versuch stellte gleichsam einen kleinen Vulkan vor. Lemery fand, daß bey allen feuerspeyenden Bergen Schwefel und Eisentheile angetroffen werden, und es war ihm daher um so weniger zweifelhaft, daß die Vulkane auf diese Art entstehen müßten. Nur der einzige Umstand schien ihm schwierig, wie die Luft, welche bey der Selbstentzündung Bedingung sey, so tief in die Erde kommen könne. Er glaubte aber diese Schwierigkeit so zu heben, daß es in der Erde, besonders in den warmen Ländern, wo dergleichen Erscheinungen gewöhnlich zu Hause sind, eine Menge verborgener Gänge und Klüfte gäbe, in welche durch die Spalten, welche durch die Einwirkung der großen Sonnenwärme an verschiedenen Orten entstünden, die Luft eindringen könnte.

Auf eine ähnliche Art erklärt Lemery auch die Erdbeben. Wenn nämlich die sich plötzlich entwickelnden Schwefeldämpfe in den Hölungen der Erde keinen Ausweg fänden, so würden sie mit der größten Gewalt auf eine lange Zeit und in einem weiten Umfange die Oberfläche der Erde erschüttern, bis sie endlich ihre Bewegung verlöhren. Wenn sie aber irgendwo einen Ausgang fänden, so drängen sie wie der stärkste Wind hervor, und richteten die schrecklichsten Verheerungen an.

Lemery's Versuch ist nach der Zeit vielfältig wiederholt worden, und man hat seit dieser Zeit fast allgemein angenommen, daß die Entstehung der Vulkane wirklich so erfolge, nur hat man die Vorgänge, welche dabey statt finden, näher bestimmt, und durch neuere Entdeckungen berichtigt. Indessen scheinen ausser dieser

ser Ursache noch andere mitwirkende Ursachen nicht ausgeschlossen zu seyn, wohin unter andern die schon von Dechales angeführten Wasserdämpfe gehören. Noch andere wahrscheinliche mitwirkende Ursachen sind erst in den neuern Zeiten entdeckt worden.

Daß das Meerwasser im mittelländischen Meere beständig auf einerley Höhe bleibt, ohnerachtet eine ungeheure Menge Wasser sich in selbiges ergießt, ohne einen sichtbaren Abfluß zu haben, glaubte Kircher dadurch erklären zu können, daß das Wasser durch unterirdische Gänge besonders unter der Landenge zwischen Afrika und Asien abfliesse. Dagegen war Halley v) der Meynung, daß es durch die Ausdünstung hinweggehe. Er gründet diese Meynung auf eine Berechnung, nach welcher die Ausdünstung die Meeresfläche um $\frac{1}{10}$ Zoll erniedrigen und dreymal so viel betragen soll, als die Menge des Wassers, welches sich in dieses Meer ergießt. Allein Halley setzt die zufliessende Wassermenge bey weitem zu gering an. Der Graf Marsigli w) machte es viel wahrscheinlicher, daß sich in der Tiefe des mittelländischen Meeres ein ausführender Strom befinde. Er fand auch wirklich dergleichen entgegengesetzte Ströme im thracischen Bosphorus. Diese Meynung ward durch folgende Beobachtung noch wahrscheinlicher: es wurde nämlich im Jahre 1712 in der Mitte der Meerenge bey Gibraltar ein holländisches Schiff in Grund geschossen; einige Tage darauf fand man fast eine Meile westwärts Tonnen davon, welche zu Boden gesunken und dem untern Strome gefolgt waren x).

In

v) Philos. Trans. n. 159. u. Miscell. curiosa. T. I. p. 399.
w) Histoire physique de la mer. Amst. 1725. fol.
x) Untersuchung der Ursache, warum das Wasser im atlantischen

In diesem Zeitraume war man noch der Meynung, daß das Meerwasser seine Bitterkeit von einem beygemischten Erdharze oder Bergfette habe. Der Graf Marsigli glaubte, daß dies von den im Grunde befindlichen Steinkohlen herrühre, und suchte sogar den Geschmack des Seewassers durch $46\frac{1}{2}$ Loth Wasser, $1\frac{1}{2}$ Loth Kochsalz und 48 Gran flüchtigen Steinkohlengeist nachzuahmen. Daher fand das für die Seefahrer so wichtige Problem, das Seewasser trinkbar zu machen, noch viele Schwierigkeiten. Leibnitz [y]) glaubte, daß man das Seewasser vermittelst des Filtrirens durch Glätte trinkbar machen könne, und Marsigli meinte, durch ein 75 Zoll hohes mit Sand und Erde gefülltes Rohr dem Seewasser den größten Theil des Salzes und der Bitterkeit benommen zu haben. Allein der P. Feuillee fand die Vorschläge des Filtrirens unzureichend. Inzwischen war schon bekannt, daß das Eis des Meerwassers ohne Salz sey. Samuel Reyher zu Kiel [z]) stellte hierüber zuerst Versuche an, und entdeckte außerdem noch, daß auch das Meerwasser unmittelbar unterm Eise süß sey. Da aber dieses Mittel, das Seewasser trinkbar zu machen, nur selten angewendet werden kann, so versuchte man es endlich, ob hiezu nicht vielleicht eine simple Destillation schon hinreichend sey. Die Erfah-

tischen Meere allezeit in das mittelländische Meer durch die Enge bey Gibraltar hineingeströmt, von Waiz; in den schwed. Abhand. von 1775. der deutsch. Uebers. S. 38. f.

y) Acta erud. Lips. 1782. p. 368.

z) Experimentum novum, quo aquae marinae dulcedo examinata describitur. Kiliae 1679. 4. Acta erud. Lips. 1697. d. 6. Febr.

fahrung bestätigte auch wirklich diesen Versuch. Indessen würde die Destillation wenig Nutzen gewähren, wenn hiezu besonders Brennholz auf den Schiffen nothwendig wäre, weil man alsdenn statt des Holzes allemal lieber das Schiff mit süßem Wasser belasten könnte. Sollte sie also wirklich vortheilhaft seyn, so müßte man darauf denken, wie man mit wenigem Aufwande von Brennmaterialien eine ansehnliche Menge Wassers destilliren könne. Gautier, ein Arzt zu Nantes, erfand zu diesem Zwecke im Jahre 1717 eine Maschine [a]), durch welche er ein völlig trinkbares Wasser bereitete; allein sie war für die Seefahrer noch nicht bequem genug. Erst in der Folge erfand man bequemere Einrichtungen.

In Ansehung der Bewegung des Meerwassers, welche Ebbe und Fluth genannt wird, hatte vor Newton noch kein einziger die Erscheinungen derselben so bestimmt angeben, und auf solche richtige Principien zurückbringen können, als Newton. Dieser zeigte [b]) vermöge seines Systems der allgemeinen Anziehung der Himmelskörper gegen einander, daß die Erhebung des Weltmeeres einzig und allein den vereinten anziehenden Kräften des Mondes und der Sonne gegen die Erde zuzuschreiben sey. Dieser Voraussetzung gemäß konnte er alle mögliche Erscheinungen, welche bey der Ebbe und Fluth vorgehen, und welche im ersten Theile S. 141. 142. angeführt sind, aufs vollkommenste erklären.

Vermöge der Erfahrung ist die Wirkung des Mondes gegen das Meerwasser bey weitem stärker, als die

a) S. *Gallon* recueil des machines approuvés par l'Acad. T. III. n. 189.

b) Princip. lib. III. prop. XXIV.

die der Sonne. Sie läßt sich im allgemeinen sehr begreiflich auf folgende Art darstellen. Vermöge der anziehenden Kräfte des Mondes und der Erde gegen einander haben sie ein Bestreben, sich wechselseitig zu nähern, und dieses Bestreben muß sich nicht allein gegen das feste Land, sondern auch gegen das Wasser äussern; je schiefer aber die Richtung der anziehenden Kraft ist, desto weniger wird sie bewirken können, und umgekehrt, je weniger schief die Richtung derselben ist, desto stärker wird ihre Wirkung seyn müssen. In diesem letztern Falle wird aber die Wirkung noch größer seyn, wenn die Oerter auf der Erdoberfläche dem Monde näher, als sonst, liegen, welches bey der Erdnähe statt findet. Es sey (fig. 85.) die Erde s mit Wasser umgeben, so müßte selbiges ohne Einwirkung des Mondes und ohne Umdrehung der Erde um ihre Axe vermöge der Schwere des Wassers gegen den Mittelpunkt eine vollkommene Kugelfläche auf der Erde bilden. Läuft aber der Mond t in seiner Bahn um die Erde, so wird ihm allemal die eine Halbkugel der Erde zugekehrt. Beyde haben nun gegen einander anziehende Kraft, und daher kann die Oberfläche der Erde, welche mit Wasser bedeckt ist, keine vollkommene Kugelfläche mehr behalten. Ist nämlich die Wasserstelle der Erdfläche dem Monde t am nächsten, so daß also diese Stelle in der geraden Linie ec auf der Erdoberfläche, und der Mond im Zenith derselben sich befindet, so wird auch die Anziehung des Mondes auf diese Stelle wirken, und die Schwere derselben gegen den Mittelpunkt der Erde vermindern. Weil aber das Wasser gegen den Mittelpunkt der Erde eine ungleich größere Anziehung hat, als der Mond gegen das Wasser, so kann das Wasser von der Erde nicht entfliehen; allein sein Druck nach dem Mittelpunkte

der

der Erde wird doch dadurch vermindert. Was nun die andere Halbkugel b a d der Erde betrift, so ist diese von dem Monde weiter entfernt, und derjenige Punkt a am weitesten, welcher in der verlängerten geraden Linie e c zwischen dem Mittelpunkte der Erde und des Mondes auf der Oberfläche der vom Monde abwärts gewendeten Halbkugel liegt. Das Wasser an dieser Stelle wird wegen seiner größern Entfernung vom Monde nicht so stark angezogen, als der Mittelpunkt der Erde; dadurch wird aber auch offenbar der Druck des Wassers an dieser Stelle gegen den Mittelpunkt der Erde ebenfalls vermindert. Wenn demnach das Wasser an beyden entgegengesetzten Stellen auf der Erdoberfläche keine so große Schwere gegen den Mittelpunkt der Erde hat, als das davon um 90 Grad entfernte in b und d, so kann auch das Gleichgewicht des Wassers unter sich nicht bleiben, sondern es muß an jenen beyden Stellen sich erheben, und an diesen beyden Stellen in b und d sinken, und zwar so lange, bis ein vollkommenes Gleichgewicht unter sich hergestellt ist. Geschieht nun das Erheben des Wassers mitten auf dem Weltmeere, so muß nothwendig das Wasser an den Ufern abfließen, und es entsteht daselbst Ebbe. Sobald aber der Mond in seiner Bahn weiter fortruckt, und die Stelle des Meeres ihn nicht mehr über sich hat, so muß auch das aufgeschwollene Wasser mitten im Weltmeere sich wieder senken, und folglich nach 6 Stunden an den Ufern wieder in die Höhe steigen, und Fluth verursachen. Hieraus ist es einzusehen, daß das Wasser sich nicht allein an der Seite, wo der Mond steht, erhebt, sondern auch an der entgegengesetzten Seite. Die Erfahrung lehrt aber auch, daß die Fluth an einem Orte nicht nur nach der Culmination des Mondes eintritt, sondern auch

12 Stun-

12 Stunden darnach, nach dem Durchgange des Mondes durch die untere Hälfte des Mittagskreises. Wenn der Mond in seiner Bewegung über die Stelle b kommt, so muß aus den angegebenen Gründen in b Fluth und an den vorigen Stellen Ebbe erfolgen.

Wenn man aber auf die vereinigten wirkenden Kräfte des Mondes und der Sonne sieht, so zeigt Newton, daß alsdann die Stärke der Ebbe und Fluth von den verschiedenen Stellungen des Mondes und der Sonne gegen die Erde abhange. Gerade in den Neu- und Vollmonden verbinden sich die Wirkungen der anziehenden Kräfte beyder Himmelskörper mit einander, und sie müssen daher stärkere Fluthen als sonst zuwege bringen. In den Quadratscheinen hingegen wirken die anziehenden Kräfte beyder Körper einander entgegen, und es müssen zu dieser Zeit die Fluthen schwächer seyn. Je näher nun der Mond der Erde kommt, desto stärker müssen sich auch die Fluthen ereignen. Befindet sich demnach der Mond in der Erdnähe, so müssen nothwendig zur Zeit des Neu- und Vollmondes die stärksten Fluthen einfallen. Alles dies stimmt so vollkommen mit der Erfahrung überein, daß man sich gezwungen fühlt, den Newtonschen Lehren völligen Beyfall zu geben.

Weil in einem Monathe die anziehenden Kräfte des Mondes und der Sonne nur zweymal auf die Gewässer zusammen vereint wirken, nämlich im Neu- und Vollmonde, so hängt außer diesen Zeitpunkten der Augenblick der hohen Fluth weder vom Monde allein, noch auch von der Sonne allein ab, sondern vielmehr von einem zwischen beyden Himmelskörpern liegenden Punkte. Bewegt sich nun der Neumond oder Vollmond nach den Quadraturen hin, so fällt dieser

Punkt

Punkt mehr abendwärts, als der Mond, geht folglich früher durch den Mittagskreis, und die Fluth ereignet sich etwas früher; bewegt sich hingegen der Mond von einem Quadratscheine zu dem Voll- oder Neumonde, so fällt der angeführte Punkt vom Monde morgenwärts, geht später durch den Mittagskreis, und die Fluth ereignet sich später.

Ueberdem hängt die Wirkung beyder Körper auf das Meerwasser auch vom Abstande derselben vom Aequator ab. Denn befänden sie sich unterm Pole, so würden sie das Wasser auf gleiche Art anziehen, und man würde gar keine Ebbe und Fluth bemerken. Wenn sie sich also vom Aequator entfernen, und gegen den Pol hinrucken, so werden ihre Wirkungen nach und nach schwächer werden, mithin zur Zeit der Sonnenwenden in den Syzygien geringere Fluthen, als zur Zeit der Nachtgleichen in den Syzygien einfallen. In den Quadratscheinen hingegen werden sich zur Zeit der Sonnenwenden stärkere, und in den Quadratscheinen zur Zeit der Nachtgleichen schwächere Fluthen einstellen. Daher fallen die stärksten Fluthen in den Syzygien und die geringsten in den Quadratscheinen gegen die Zeit der Nachtgleichen ein.

Weil die Sonne im Winter der Erde etwas näher steht, als im Sommer, so folgt daraus, daß die stärksten und schwächsten Fluthen öfter der Frühlingsnachtgleiche vorangehen, und öfter nach der Herbstnachtgleiche folgen.

Auch kommt es hiebey noch darauf an, in welcher Breite die Oerter auf der Erdfläche liegen. Betrachtet man solche Oerter, welche zwischen dem Nordpole und dem Monde liegen, so wird der Mond, wenn er eine nördliche Abweichung hat, bey seinem

obern Durchgange durch den Mittagskreis dem Scheitel dieser Oerter näher kommen, als er beym untern Durchgange ihrem Fußpunkte kommt. Die Fluth wird daher unter diesen Umständen beym obern Durchgange des Mondes stärker, als die beym untern seyn. Hat der Mond eine südliche Abweichung, so findet das Gegentheil statt. Im Sommer geschieht der obere Durchgang des Mondes durch den Mittagskreis in den Neu- und Vollmonden, wenn er nördliche Breite hat, sonst aber der untere, wenn er südliche Breite hat. In beyden Fällen muß also die Fluth zu Mittage stärker, als des Morgens seyn. Hieraus erklärt sich die Erscheinung, daß die Abendsluthen im Sommer beym Neu- und Vollmond stärker, als die Morgensluthen sind. Das Gegentheil ereignet sich im Winter.

Endlich bemerkt Newton, daß alle diese Bewegungen des Meerwassers dadurch eine kleine Abänderung leiden, daß das Wasser die ihm mitgetheilte Bewegung eine Zeitlang behält, wodurch verursacht werde, daß der Unterschied der nachfolgenden Fluthen sich ein wenig vermindere. Daher werden die nächsten Fluthen nach den Syzygien etwas stärker und die nächsten nach den Quadraturen geringer.

Noch andere Einschränkungen, welche die sonst gewöhnliche Bewegung des Wassers auf der offenen See erleidet, lassen sich mehrentheils aus der Lage der Oerter, den Richtungen der Meerengen, und der Gestalt der Küsten erklären. So führt Newton das Beyspiel von dem Seehafen Batsham in Tunquin an, wohin die Fluth durch zwey Meerengen, durch eine früher, als durch die andere, dringt, und dadurch

durch binnen 24 Stunden nur einmal Fluth und einmal Ebbe veranlaßt.

Hiernächst stellt Newton Berechnungen über die Stärke der Erhebungen des Meerwassers an, ohne jedoch dieselben vollständig bis auf alle Phänomene der Ebbe und Fluth zu erstrecken. Er zeigt zuerst [c]), daß sich die Schwere des Meerwassers nach der Sonne zu ihrer Schwere nach der Erde, wie 1 zu 12868200 verhalte. Da sich nun die Schwungkraft der Erde unter dem Aequator zur Schwere wie 1 : 289 verhält, so wird sich auch jene Kraft zur Schwere der Sonne gegen die Erde wie 289 : 12868200 d. i. wie 1 : 44527 verhalten. Durch die Schwungkraft unterm Aequator wird aber verursacht, daß die Höhe des Wassers unter selbigem die Höhe des Wassers untern Polen um 85472 Paris. Fuß übertrift; daher wird das Wasser an den Stellen, welche unter der Sonne und derselben entgegengesetzt sind, um $\frac{85472}{44527}$ Paris. Fuß = 1 Fuß 11$\frac{1}{30}$ Zoll höher seyn müssen, als an den Stellen, welche 90 Grade von der Sonne entfernt sind.

Was die anziehende Kraft des Mondes gegen die Erde betrift, so findet Newton [d]) diese etwa 4$\frac{1}{2}$ mal so groß als die der Sonne gegen die Erde, daß folglich beyde Kräfte zusammen das Wasser auf 10$\frac{1}{2}$ Fuß, und, wenn der Mond in der Erdnähe ist, auf 12$\frac{1}{2}$ Fuß erheben könnten.

Uebrigens bemerkt Newton noch, daß die Höhen des Wassers ziemlich mit den Rechnungen übereinstimmten, wenn das Meer überall eine gleiche Tiefe besäße; allein Untiefen, Meerengen und andere lokale

c) Princip. lib. III. prop. XXXVI.
d) ibid. prop. XXXVII.

kale Umstände machten hievon sehr beträchtliche Ausnahmen. So betrage die hohe Fluth in dem Hafen zu Plymouth, bey den Bergen St. Michaelis, zu Cambaja und Pegu im östlichen Indien auf 30, 40, 50 und mehrere Fuß Höhe: In engen Meeren hingegen werde kaum eine Wirkung der Ebbe und Fluth gespührt, weil alle Stellen solcher Meere beynahe gleich stark vom Monde angezogen werden. Wenn die Fluth der Rechnung gemäß seyn soll, so erfordert Newton wenigstens eine Breite des Meeres von Osten nach Westen von 90 Graden.

Von den Seen ist besonders merkwürdig der kaspische See, in welchen eine ungeheure Menge Wassers sich ergießt, ohne einen Abfluß an selbigem wahrzunehmen. Kircher glaubte diese Erscheinung durch eine unterirdische Verbindung dieses Sees mit dem persischen Meerbusen zu erklären (S. 25.). Der Jesuit Philipp April[c]) erzählt aber, daß man zur Herbstzeit im persischen Meerbusen sehr häufig Weidenlaub finde, obgleich die Weide im mittägigen Persien ganz unbekannt sey, und nur um die Ufer des kaspischen Sees wachse, auch daß es bey Kilan (dem Hyrcanien der Alten) zwey ungeheure Schlünde oder Strudel gebe, durch welche das Wasser ausgeleert werde. Im Jahre 1718 aber ließ Peter der Große diesen See zuerst genau untersuchen, und es wurden keine solche Strudel gefunden. Man war vielmehr der Meynung, daß eben so viel Wasser durch Ausdünstung davon gehe, als der See Zufluß erhalte.

Ueber

c) Voyage en divers etats d'Europe et d'Asie. à Paris 1693. 12.

Ueber die wichtige Frage, woher die Quellen ihr Wasser erhalten? sind die Meynungen von jeher verschieden gewesen. In diesem Zeitraume hat besonders Mariotte [f]) diejenige vertheidigt, welche schon Vitruv angenommen hatte, daß nämlich das Regen- und Schneewasser schon hinreichend sey, den Quellen Nahrung zu geben. Mariotte suchte dies besonders durch eine Berechnung wahrscheinlich zu machen, welche sich auf Erfahrungen, die er zu Dijon durch einen Freund hatte anstellen lassen, gründet. Diesen Erfahrungen gemäs sollte nämlich in der Gegend zu Dijon der gesammte herabfallende Regen auf jeder Fläche jährlich eine Höhe von 17 Zollen erreichen, wofür er aber nur 15 Zoll setzen wolle. Dieser Voraussetzung zu Folge wird also auf eine französische Quadratmeile, die Meile zu 2300 Toisen gerechnet, jährlich $15 . 72^2 . 2300^2$ Cubikzoll d. i. $15 . 3 . 2300^2 = 238050000$ Cubikfuß Wasser fallen. Die entferntesten Quellen der Seine setzt er um 60 Meilen oberhalb Paris, und nimmt die Breite der Grenzen, in welchen die kleinen Bäche und Flüsse, von den die Seine Wasser erhält, enthalten sind, 50 Meilen an, daß mithin die ganze Fläche, von welchen die Seine bis Paris Wasser empfängt, 3000 Quadratmeilen beträgt. Nach eben angestellter Rechnung fallen auf diese Fläche jährlich an Wasser $3000 . 238050000 =$ 714150 Millionen Cubikfuß; durch Ausmessung aber hatte er gefunden, daß die Seine jährlich unter dem Pont royal in Paris nur 105120 Millionen Cubikfuß Wasser hindurchführe, welches noch nicht den sech-

f) Traité du mouvement des eaux Part. I. disc. II. in den oeuvr. à la Haye 1740. 4. p. 333. sqq.

sechsten Theil des berechneten Regen- und Schneewassers ausmacht, so daß es folglich mehr als zureichend ist, die Quellen mit Wasser zu versehen. Mariotte beruft sich auch noch auf die Erfahrung, daß nämlich die Quellen eine größere oder geringere Menge Wasser geben, nachdem es mehr oder weniger regne, ja viele selbst bey anhaltender Dürre wegblieben, oder doch merklich vermindert würden. Nach seiner Meynung dringe das Regenwasser in kleinen hohlen Canälen und Ritzen in die Erde, dergleichen sich auch beym Graben der Brunnen vorfinden; komme es nun auf Lager, welche es nicht weiter einzudringen verstatten, so werde es endlich genöthigt, irgendwo auszubrechen und abzufließen.

Uebrigens sucht Mariotte vorzüglich dem Einwurfe, welchen man schon längst dieser Meynung gemacht hatte, daß nämlich das stärkste Regenwasser kaum einige Fuß tief in die Erde eindringe, dadurch zu begegnen, daß man das angebaute Erdreich von dem öden gar wol unterscheiden müsse; in jenem würden die kleinen Canäle, durch welche das Regenwasser eindringe, durch den Anbau zerstört, welches aber der Fall bey dem letztern nicht sey. Denn dies bewiesen offenbar die kleinen Canäle, welche man beym Brunnengraben antreffe; auch sähe man in den Kellern der Pariser Sternwarte an den Wänden Wasser heruntertröpfeln, nachdem es stark geregnet habe.

Den Einwurf gegen Mariotte's Meynung, daß das Regenwasser nicht sehr tief in die Erde dringe, haben nachher auch Perrault und de la Hire durch neue Versuche nicht ganz ungegründet zu finden geglaubt. Nach Perrault's [g]) Untersuchungen scheint

g) Oeuvres diverses T. II. p. 737. sqq.

scheint das Regenwasser auf Hügeln und Flächen nicht über 2 Fuß Tiefe in das Erdreich einzudringen. Er glaubt, daß die Quellen aus verschiedenen Ursachen zugleich entstehen. Nach ihm rühren die Flüsse unmittelbar aus dem Regen- und Schneewasser, welches von den Anhöhen zusammenfließt, und sich in große Massen vereinigt; die Quellen und Brunnen des platten Landes hingegen von dem ausgetretenen Flußwasser, welches in die Erde einsickere, in ihren Hölen bleibe, und nach und nach wieder zu den Flüssen zurückkehre. Was aber die Quellen auf den Bergen und über den Oberflächen der Flüsse betrifft, so behauptet er, daß das innere Wasser der Hölen in Dampfform in die Höhe steige, und daselbst wieder durch Kälte verdichtet werde. Diese seine Behauptung gründet er auf folgende Beobachtungen: es wurden auf dem Berge Odmilrost in Slavonien Steine gebrochen; sobald man in eine Tiefe von 10 Fuß gekommen war, brach durch die Spalten ein starker Dampf mit ungläublicher Geschwindigkeit hervor, welcher 13 Tage anhielt; nach drey Wochen endlich waren alle Quellen vertrocknet. Ferner eine Meile von Paris hatten die Carthäuser eine Mühle, welche Mangel am Wasser hatte, als man in der Gegend eine neue Steingrube angelegt hatte, aus deren Ritzen ein starker Dampf hervorbrach. Diese Steingrube wurde von den Carthäusern gekauft, welche die Spalten verstopfen ließen, wodurch sie die gewöhnliche Wassermenge wieder erhielten. Wenn diese Beobachtungen mit gehöriger Genauigkeit sind angestellt worden, so bestätigen sie zwar die Meynung, daß einige Quellen von den in die Höhe gestiegenen Dämpfen der innern Wasser entstehen können; daraus folgt aber doch noch nicht, daß alle Quellen auf diese Art entspringen.

De la Hire h) glaubte aus folgenden Versuchen schließen zu dürfen, daß das Regenwasser nicht sehr tief in die Erde eindringe. Er grub eine bleyerne Schüssel von 4 Quadratfuß Oberfläche 8 Fuß tief unter die Erde ein, so daß sie ein wenig schief lag, und aus ihrer niedrigsten Stelle eine 12 Fuß lange bleyerne Röhre in einen Keller gieng. Aus dieser Röhre kam in einer Zeit von 15 Jahren kein Tropfen Wasser. Eine andere Schüssel mit 8 Zoll hohen Wänden, deren Oberfläche 64 Quadratzoll betrug, ward nur 8 Zoll tief an einem weder der Sonne noch den Winden ausgesetzten Orte eingegraben. Auch diese gab vom 12. Juni bis zum folgenden 29. Februar kein Wasser, und alsdenn nur ein wenig, nachdem es geregnet hatte, und darauf ein starker Schnee gefallen wär. Eben diese Schüssel 16 Zoll tief eingegraben gab auch nach dem stärksten Regen kein Wasser, und Pflanzen, welche er über selbige gesetzt hatte, vertrockneten wegen Mangel an Feuchtigkeit. Ueberdies fand er durch mehrere Versuche, daß die Pflanzen eine große Menge Wassers einsaugen, und durch Einwirkung der Sonnenwärme und der Winde in Dampfform von sich lassen. Aus allem diesem machte er nun den Schluß, daß das Wasser in einem mit Pflanzen besetzten Erdreiche nicht über 2 Fuß tief eindringe, es wäre denn, daß der Boden kiesigt, und mit kleinen Steinen vermengt wäre; daher könnten auch nur sehr wenige Quellen vom Regen- und Schneewasser entstehen. Er ist vielmehr geneigt, die Entstehung der Quellen aus einer großen Menge Wasserdämpfe, die sich gewöhnlicher Weise nahe über der Oberfläche der Flüsse und des Meeres befinden, abzuleiten; diese stiegen nämlich

h) Memoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1703.

lich sehr leicht in die Höhe, verbreiteten sich über das Erdreich, und würden durch die Kälte verdichtet, oder sie stießen an einen mit Wasser geschwängerten Erdstrich, mit welchem sie sich verbänden, oder endlich sie fänden eine Substanz, welche sie fixirte, wie wir an den Salzen wahr nähmen, die der feuchten Luft ausgesetzt wären. Dies auf solche Art angesammlete Wasser dringe bis zur gehörigen Tiefe in die Erde ein, und mache sich endlich auf der Oerfläche der Erde als Quellen einen Ausweg.

Die von **Perrault** und **de la Hire** angeführten Versuche sind indessen keinesweges so beschaffen, daß sie **Mariotte's** Meynung im allgemeinen umstoßen könnten. Ohne Zweifel ist das Regen- und Schneewasser eine von den Hauptursachen der Entstehung und Unterhaltung der Quellen. Denn **Mariotte's** Erfahrung, daß bey anhaltender Dürre die Quellen merklich vermindert werden, und wol ganz zu laufen aufhören, hat in der That in so fern ihre Richtigkeit, daß die meisten Quellen eine größere Menge Wasser geben, wenn es geregnet hat, als wenn es eine lange Zeit trocken gewesen ist. Inzwischen giebt es auch viele Quellen, welche zu allen Jahreszeiten gleich viel, und wol gar in der Hitze mehr geben, als bey nasser Witterung. Ueberdem giebt es auf hohen Bergen beträchtliche Quellen und stehende Gewässer, welche schwerlich ihr Wasser allein vom Regenwasser erhalten können. Daher hat man wol Grund, ausser dem Regen- und Schneewasser noch andere Veranstaltungen der Natur anzunehmen, durch welche die Quellen mit hinreichendem Wasser versehen werden.

Was Mariotte's Rechnung anbetrift, so will Sedileau [i]) damit nicht zufrieden seyn. Seiner Meynung nach hat Mariotte die Breite der Gegend von 50 Meilen, deren Wasser zur Unterhaltung der Seine dienen soll, ganz willkührlich angenommen. Durch solche Berechnungen könnte man Flüsse finden, welche nicht den zwanzigsten Theil vom herabgefallenen Regenwasser abführten, dagegen sie an andern Orten so dicht zusammen lägen, daß alles Regen- und Schneewasser der Gegend viel zu gering wäre, sie mit hinlänglichem Wasser zu versehen. Wenn man ein richtiges Resultat haben wollte, so müßte man eine Insel, wie z. B. England und Schottland, wählen, um das auf ihre Flächen herabfallende Regenwasser mit dem, was durch die Mündungen aller ihrer Flüsse ins Meer sich ergieße, zu vergleichen. Sedileau findet nach einem Ueberschlage, welchen er auf einige Sätze des Riccioli gründet, die er aber selbst nicht für ganz zuverlässig hält, daß auf England und Schottland kaum halb so viel Regenwasser herabfalle, als zur Unterhaltung ihrer Flüsse nöthig sey.

Halley [k]) glaubt, daß der Regen und Schnee nicht hinreichend sey, den Ursprung der Quellen davon abzuleiten, vielmehr vermuthet er, wie de la Hire, daß die Quellen von den aus dem Meere aufgestiegenen Dünsten herrühren, welche von den Winden gegen die Gebirge des festen Landes geführt, und von der Kälte daselbst wieder verdichtet, mithin in Wasser

i) Memoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1693.

k) Of the circulation of the watry vapours of the sea and the cause of springs in den Philos. Transact. n. 102. p. 468.

ser verwandelt werden. Seine Meynung gründet er auf die nicht längst angeführte Berechnung der Ausdünstung im Mittelländischen Meere, nach welcher er diese für hinreichend hält, von der Entstehung der Quellen Rechenschaft zu geben, indem nämlich das Wasser und ein Theil der Dünste durch die Steinklüfte in die Hölen der Berge eindringe, und alsdenn, wenn es nicht mehr Platz habe, in einzelnen Quellen aus den Gebirgen abfließe.

Halley nahm auf der Insel St. Helena wahr, daß auf dem Gipfel der Berge 800 Yards über der Meeresfläche des Nachts bey heller Witterung die Dünste so sehr sich verdichteten, daß er die Gläser seines Fernrohres von Zeit zu Zeit mit Tropfen bedeckt fand, und die Nässe des Pappiers ihn hinderte, seine Beobachtungen aufzuzeichnen.

Gegen Halley's Meynung vom Ursprunge der Quellen hat man diesen Einwurf gemacht, daß die höchsten Gebirge in Europa, z. B. die Alpen, auf welchen die Donau, die Rhone, der Rhein und der Po entspringen, während der sechs Wintermonate mit hohem Schnee bedeckt sind, daß folglich die Quellen auf solche Art nicht entstehen könnten, und die Flüsse ganz versiegen müßten; gleichwol aber hätten die 4 genannten Flüsse den ganzen Winter hindurch keinen Mangel am Wasser.

Ein anderer Einwurf gegen Halley's Meynung ist dieser, daß so viele Quellen entfernt von hohen Gebirgen am Fuße niedriger Hügel entspringen, wo also die Verdichtung hinreichender Dünste nicht statt haben könnte. So führt Derham l) das Beyspiel

l) Physicotheologie B. II. Cap. 5.

spiel der Quelle zu Upminster in Essex an, welche nicht mehr als 100 Fuß über der Meeresfläche liegt, und ihr reichliches Wasser aus einem 15 bis 16 Fuß höhern Hügel zieht. Außerdem erwähnt er noch, daß man in ganz Essex keine Stelle finde, welche höher als 400 Fuß über der Meeresfläche läge, und gleichwol sey eine Menge von Quellen und Bächen vorhanden. Er nimmt vielmehr mit vielen andern an, daß das innere Wasser durchs Anhängen bis auf die Spitze der Berge, wie in Haarröhrchen, Schwämmen oder in einem Haufen feinen Sandes, welcher in einer Schüssel voll Wasser steht, hinaufsteige. Allein man hat verschiedene Versuche mit solchen Röhren angestellt, und gefunden, daß das Wasser auf solche Art nicht in die Höhe steigen könne. Perrault füllte eine bleyerne Röhre mit durchgeseihetem trockenen Flußsande, stellte sie aufrecht 4 Linien tief ins Wasser, und fand nach 24 Stunden den Sand 18 Zoll hoch angefeuchtet. Um nun auch zu erfahren, ob dieses Wasser seitwärts ablaufen, und auf solche Art eine Quelle bilden könne, verband er die bleyerne Röhre mit einer schiefliegenden Seitenrinne, welche ebenfalls trockenen Sand enthielt, und legte darunter Löschpapier. Dieses wurde aber kaum feucht, und es zeigte sich gar kein Abtröpfeln des Wassers. Wenn er die bleyerne Röhre mit grobem Sande und kleinen Kieseln füllte, so zog sich die Flüssigkeit nur 10 Zoll hoch. Ueberhaupt läßt sich die Meynung des Aufsteigens des Wassers wie in Haarröhrchen gar nicht annehmen. Denn gesetzt es wäre, groß angenommen, die Tiefe des Meeres 100000 Fuß und das specifische Gewicht des Meer- und des süßen Wassers verhielte sich wie 103 : 100, so würde doch das süße Wasser nie eine Höhe von 103000 Fuß erreichen, um mit dem salzigen

gen Wasser des Meeres von 100000 Fuß Höhe das Gleichgewicht zu halten; mithin könnte es über die Meeresfläche nie über 3000 Fuß steigen; gleichwol findet man aber Quellen, welche über der Meeresfläche mehr als 12000 Fuß hoch liegen.

Woodward [m]) hält die Erde für eine hohle mit einer großen Menge von Wasser angefüllten Kugel. Ihre ganze Masse erhält sich immer auf einem beständigen Wärmegrade, welcher groß genug ist, um eine beständige Ausdünstung des innern Wassers zu unterhalten. Die Dünste dringen durch die Erdschichten, und verdichten sich zum Theil wieder. Wenn dieses erst in der Höhe geschieht, so läuft das daher entstandene Wasser von oben herab in die Bäche; erfolgt es aber in Schichten, welche dem platten Lande gleich liegen, so entstehen daraus stillstehende Wasser oder Quellen. Die innere Wärme, und die Menge der aufsteigenden Dämpfe ist stets einerley, die Verdichtung hingegen, welche von dem Einflusse der äussern Wärme abhängt, ist wegen der verschiedenen Grade auch verschieden.

Atmosphäre der Erde.

Schon in Cartesius Zeitraume hatte man sich durch vielfältige Versuche mit dem Barometer überzeugt, daß der Druck der Atmosphäre abnehme, je höher man in selbiger kommt. Diese Erfahrungen hatten auch zu der Vermuthung Anlaß gegeben, daß das Barometer dienen könne, Höhen im Luftkreise zu messen. Allein noch kein einziger hatte sich bemüht, eine Regel aufzufinden, nach welcher man mittelst des Barometers Höhen im Luftkreise bestimmen könnte. Nach-

m) Histor. natur. telluris. Lond. 1695. 8.

Nachdem aber Mariotte das Gesetz, nach welchem sich die Elasticität der Luft richte, entdeckt hatte, so dachte er auch auf eine Regel, welche zur Findung der Höhen im Luftkreise vermittelst des Barometers dienen könnte. Zuerst n) erzählt er verschiedene angestellte Beobachtungen, wie tief das Quecksilber im Barometer falle, wenn man es von einer Stelle an eine höhere bringt. Von dem Keller der Pariser Sternwarte bis hinauf, oder in einer Höhe von 84 Paris. Fuß, fiel es ihm etwas mehr als $\frac{4}{3}$ einer Pariser Linie, und von da bis wieder auf 84 Fuß Höhe eben so viel. Aus diesen Beobachtungen ergab sich die Höhe von 63 Paris. Fuß, welche einer Linie Quecksilberfall zugehörte. Zur Erleichterung der Rechnung nimmt er einer zu Orleans angestellten Erfahrung gemäs 60 Fuß für eine Linie über einer Stelle, wo das Barometer 28 Zoll hoch steht. Wenn also das Barometer um 1 Linie fallen sollte, so mußte es auf 60 Fuß erhoben werden. Nun stellte sich Mariotte die Atmosphäre in Schichten getheilt vor, in deren jeder das Barometer $\frac{1}{12}$ Linie tiefer fällt, wovon also jede gleichviel Luft enthält. Er bekommt also überhaupt $336 \times 12 = 4032$ solche Schichten, wenn das Barometer in der niedrigsten Schichte 28 Zoll enthalten, und in der obersten ganz leer seyn soll. Da er nun zu unterst 60 Fuß Höhe auf 1 Linie Quecksilberfall rechnet, so erhält die unterste Schichte den 12ten Theil davon, mithin 5 Fuß Höhe.

Wenn daher in einer gewissen Höhe über der Erdfläche das Quecksilber im Barometer noch 14 Zoll zeigte, so müßten nach dem mariottischen Gesetze der Druck

n) Essai de la nature de l'air in d. oeuvres à la Haye 1740. 4. p. 174. sqq.

Druck der Luft und ihre Dichtigkeit nur halb so groß seyn, als unten, mithin die Höhe der 2016ten Schichte selbst doppelt so groß, oder 10 Fuß seyn. Alle mittlere zwischen 5 und 10 Fuß Höhe liegende Luftschichten müßten im Verhältnisse von 5 bis 10 Fuß zunehmen. Mariotte folgerte daraus, daß man die Zunahme der Höhen dieser Schichten nach eben den Regeln bestimmen könne, nach welchen gewöhnlich die Logarithmen berechnet werden. Er sahe also wol ein, daß sich die Höhen der über der Erdfläche befindlichen Oerter wie die Logarithmen der Verhältnisse verhalten müssen, in welchen die Barometerhöhen abnehmen. Nähme man also nach Mariotte's Bestimmung überhaupt die Höhe des Barometers am Anfange einer Schichte in Zwölftheilen einer Linie ausgedruckt $= y$, so würde man die Höhe einer jeden Schichte durch die Formel $\frac{4032 \cdot 5}{y}$ ausdrucken müssen; mithin gäben die Höhen aller Schichten bis zur 2016ten Schichte zusammen folgende Reihe $\frac{4032 \cdot 5}{4032} + \frac{4032 \cdot 5}{4031} + \frac{4032 \cdot 5}{4029} + \frac{4032 \cdot 5}{2017}$. Mariotte hätte nun ein jedes Glied dieser Reihe für sich berechnen, und sie alsdenn zusammen addiren sollen, um die ganze Höhe der Luftsäule bis zur 2016 Schichte zu finden. Allein er scheuete diese Mühe, und nahm an, sie sey eine arithmetische Progression, deren erstes Glied, und deren letztes Glied 10 sey. Dies war nun eben so viel, als wenn alle Glieder gleich wären, und jedes $7\frac{1}{2}$ Fuß betrüge, welches das arithmetische Mittel zwischen 5 und 10 ist; also würde die Summe der ganzen Reihe $= 2016 \cdot 7\frac{1}{2} = 15120$0 Paris. Fuß seyn, welches die ganze Höhe der Luftsäule der 2016

ersten

ersten Schichten ausmacht, und etwas mehr als $\frac{1}{4}$ französische Meilen beträgt. Auf eben diese Art berechnet Mariotte die Höhe des Unterschiedes der übrigen Luftschichten der Anzahl nach 1008, von welchen die 2017te 10 Fuß und die letzte 20 Fuß Höhe besitzen müßte, welches eben so viel bedeutet, als jede Luftschicht hätte eine Höhe von 15 Fuß, als das arithmetische Mittel zwischen 10 und 20; hiernach wird also die ganze Höhe der Luftsäule $= 1008 \times 15 =$ 151200, gerade so groß, wie die vorige, seyn. Die Hälfte der übrigen Luftschichten oder 504 giebt durch 30 d. i. dem arithmetischen Mittel zwischen 20 und 40 multiplicirt wiederum die Höhe 151200 Paris. Fuß. Es läßt sich nun leicht begreifen, daß für jede Hälfte der noch übrigen Luftschichten eben dieselbe Höhe gefunden wird. So bestimmt endlich Mariotte die ganze Höhe der Atmosphäre 184320 Par. Fuß, welche 15 französ. Meilen ausmachen.

Diese von Mariotte angegebene Regel giebt, wie man in der Folge bey ihrer Anwendung gefunden hat, große Höhen im Luftkreise viel zu klein. Der Grund davon liegt nicht allein darin, daß Mariotte die Voraussetzung annahm, daß man nur 60 Fuß über die Erdfläche kommen müsse, wenn das Barometer um 1 Linie herabfallen sollte, sondern auch selbst in seiner angegebenen Regel, welche ganz fehlerhaft ist. Mariotte hätte bey seiner Rechnung die Logarithmen gebrauchen sollen; allein er suchte blos durch Addiren das, was man durch Integriren finden muß. Daß aber Mariotte's Angabe von 60 Fuß viel zu klein ist, ergiebt sich schon aus de la Hire's vielfältig angestellten Beobachtungen, welche er ebenfalls in den Kellern der Pariser Sternwarte angestellt hatte,

er fand nämlich $74\frac{2}{3}$ Fuß Höhe für 1 Linie Barometerfall.

Halley war der erste, welcher die Logarithmen bey Bestimmung der Höhen im Luftkreise mittelst des Barometers in Anwendung brachte. Er gab dieserwegen einen Aufsatz o) der königlichen Societät, welcher die ganz richtige Theorie enthält, bey welcher er nach damaliger Gewohnheit die Hyperbel zwischen den Asymptoten zu Grunde legte. Er nahm dabey an, daß sich das specifische Gewicht des Wassers zu dem der Luft wie 800 : 1, und das specifische Gewicht des Quecksilbers zu dem des Wassers wie $13\frac{1}{2}$: 1 verhalte, woraus sich das specifische Gewicht der Luft zu dem des Quecksilbers wie 1 : 10800 ergab. Für den Ort, wo dieses statt hat, oder am Ufer des Meeres, nimmt er die Barometerhöhe 30 engl. Zoll. Dies war also eben so viel, als 1 Zoll Quecksilber würde mit 10800 Zollen oder 900 Fuß Luft das Gleichgewicht halten können, wenn diese überall von der Dichtigkeit wäre, als an derjenigen Stelle, wo das Barometer auf 30 engl. Zoll steht. Da er nun ganz richtig gezeigt hatte, daß sich die senkrechten Höhen der über der Erdfläche befindlichen Oerter wie die Logarithmen der Verhältnisse, in welchen die Barometerhöhen abnehmen, verhalten müssen, so zog er daraus folgende Regel:

Man suche die Differenz der Logarithmen der Barometerhöhen von 30 englischen Zollen und der in der Höhe beobachteten Barometerhöhe in Zollen, multiplicire die

o) A discourse of the rule of the decrease of the height of the Mercury in the Barometre in d. Philos. Trans. n. 181. u. in den miscellan. curiosis. T. I. Lond. 1705. 8.

diese mit 900 Fuß, und dividire alsdenn dieses Produkt durch die Zahl 0,0144765, der Quotient wird die verlangte Höhe über der Meeresfläche seyn.

Setzte man die in einer gewissen Höhe über der Erdfläche beobachtete Barometerhöhe $= \alpha$ in Zollen oder Linien ausgedruckt, so ließ sich Halley's Regel kurz so darstellen $y = (\log. \frac{30}{\alpha}. 900) : 0{,}0144765$ $= \frac{(\log. 30 - \log. \alpha). 900}{0{,}0144765}$ engl. Fuß, es versteht sich, wenn α in Linien ausgedruckt ist, daß auch 30 in Linien verwandelt werden müsse.

Exemp. Es sey die Barometerhöhe $\alpha = 15$ Zoll, so findet man $y = \frac{0{,}3010299 \,.\, 900}{0{,}0144765} = 18715$ engl. Fuß.

Halley hat nach dieser seiner Regel eine Tafel berechnet, und sie seinem Aufsatze beygefügt, in welcher man aus der beobachteten Barometerhöhe die dazu gehörige Höhe in ganzen Füßen finden kann.

Uebrigens ist es merkwürdig, daß Halley aus bloßer Betrachtung der specifischen Gewichte der Luft und des Quecksilbers auf eine Regel geleitet wurde, welche der Wahrheit weit näher kommt, als die von Mariotte aus wirklichen Beobachtungen gezogene.

Eine andere Regel zur Bestimmung der Höhen mittelst des Barometers suchte Maraldi aus verschiedenen Beobachtungen herzuleiten, welche Domini. Cassini, Chazelles, Couplet und Maraldi auf verschiedenen Bergen zu Auvergne, Languedoc,

und

und Roussillon angestellt hatten [p]). Diese verglich er mit zwey andern Beobachtungen, wovon eine Dom. Cassini im Jahre 1672 auf dem Berge Notre Dame de la Garde nahe bey Marseille und die andere 10 Jahre darauf de la Hire auf dem Berge Clairet nahe bey Toulon gemacht hatten. Hieraus fand er nun folgende Regel:

Die Höhen der Luftschichten, in welchen das Quecksilber beständig um eine Linie fällt, wären vom Meere angerechnet 61, 62, 63, 64 Fuß u. s. w.

Dieser Regel gemäs müßte also das Barometer in einer Höhe von 178 Toisen über der Meeresfläche um $15\frac{2}{3}$ Linien herabfallen. Nach Cassini's Beobachtung, welche er in derselben Höhe angestellt hatte, war das Quecksilber auf $16\frac{1}{3}$ Linie herabgesunken, welche also mit der Regel ziemlich übereinstimmte. Noch andere Beobachtungen kamen dieser Regel noch näher. So hatte de la Hire das Barometer in einer Höhe von 257 Toisen um $21\frac{1}{2}$ Linie niedriger gefunden, als auf der Oberfläche der Erde, und nach der Regel hätte es um $21\frac{8}{9}$ Linien herabsinken müssen. In einer Höhe von 648 Toisen mußte das Quecksilber nach der Regel um $46\frac{5}{7}$ Linien herabsinken, wo es $46\frac{1}{2}$ Linien beobachtet ward, und auf der Höhe von 851 Toisen mußte es um $57\frac{7}{8}$ Linien herabsinken, wo man es $57\frac{5}{6}$ Linien beobachtete. Unerachtet diesen Uebereinstimmungen der beobachteten Barometerhöhen mit denen, welche nach der Regel statt finden müßten, ist doch dieselbe bey größern Höhen eben so wenig anwendbar, als die mariottische Regel.

Ma-

p) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris an. 1703.

Maraldi fand nach dieser Regel die Höhe der Atmosphäre 12796 Toisen, welche $6\frac{1}{2}$ französ. Meilen ausmachen, vorausgesetzt, daß an der Meeresfläche das Barometer auf 28 Zoll oder 336 Linien hoch steht. Da nun jener Regel gemäs, an der Stelle, wo das Barometer 335 Linien hoch steht, 61 Fuß über der Meeresfläche erhaben, und in jeder folgenden Luftschichte, in welcher das Barometer um 1 Linie fällt, um 1 Fuß höher, als die nächst vorhergehende Schichte ist, so wird hiernach die ganze Höhe der Atmosphäre in Schichten getheilt in arithmetischer Progression fortgehen, deren erstes Glied 61, und die Anzahl der Glieder 336 ist; demnach findet man die Summe aller Glieder d. i. die ganze Höhe der Atmosphäre 76776 Paris. Fuß = 12796 Paris. Toisen.

Eine andere Maraldi's sehr ähnliche Regel gab der P. Feuillée an. Dieser setzte nämlich voraus, daß das Barometer an der Meeresfläche auf 28 Zoll Höhe stehe, und die erste Luftschichte, in welcher das Barometer um 1 Linie herabgesunken ist, 60 Fuß besitze, und die Höhe jeder folgenden Schichte, in welcher das Quecksilber um 1 Linie herabfällt, um 2 Fuß höher wird. Dieser Hypothese gemäs nehmen also die Höhen der Luftschichten von unten hinauf in arithmetischer Progression zu, deren Nahme des Verhältnisses die Zahl 2 ist.

Feuillée hat hiernach eine weitläuftige Tafel berechnet, aus welcher man bey jeder Beobachtung mit dem Barometer die dazu gehörige Höhe der Luftsäule nehmen kann. Uebrigens ist seine Regel eben so wenig brauchbar, wie die des Maraldi.

Die

Die Höhen der Atmosphäre, welche nach diesen verschiedenen angeführten Regeln statt haben müßten, weichen von einander um ein sehr beträchtliches ab, und man sieht leicht, daß alle diese Methoden gar nichts zuverlässiges geben können, indem es gänzlich unbekannt ist, wie stark sich die Luft in der letzten Luftschicht verdünne. Des Arabers Alhazen's Methode, die Höhe der Atmosphäre durch Hülfe der Dämmerung zu finden, giebt etwas bestimmtere Resultate. Schon Kepler hatte dabey ganz richtig gezeigt, daß man auf die Brechung der Lichtstralen (fig. 86.) la und sb zu sehen habe (Th. I. S. 151.). Halley[q]) zeigte durch einen scharfen Beweis, daß man den Winkel c wegen der Strahlenbrechung um $\frac{1}{2}$ Grad vermindern müsse. Dadurch erhält man $db = cb - ca = ca(\sec. 8\frac{1}{2}^{\circ} - 1) = 0{,}111061.\ ca$ oder nahe $\frac{1}{90}$ ca, woraus sich die Höhe der Atmosphäre $= \frac{3269200}{90} = 36435$ Toisen oder $18\frac{1}{5}$ französ. Meilen ergiebt, wenn man nämlich den Halbmesser der Erde mit Picard = 3269200 setzt.

Nach de la Hire[r]) muß man von dem ganzen Sehungsbogen 18° die Brechung im Horizonte 32′ und den scheinbaren Sonnenhalbmesser 16′ abziehen (letztern dieserwegen, weil der Strahl nicht vom Mittelpunkte, sondern vom obern Rande der Sonne herkomme). Diesemnach nimmt er den Winkel c = 8° 36′, und findet bey der Voraussetzung, daß die Strahlen sb und la gerade Linien sind, die Höhe der Atmosphäre = 37223 Toisen. Nachher stellte er aber

q) Philos. Trans. n. 181.

r) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1713.

aber noch Untersuchungen bey der Voraussetzung der Strahlen fb und la als krumme Linien an, und schließt zuletzt, daß die Höhe der Atmosphäre zwischen 32501 und 37223 Toisen enthalten ist.

Dieser Methode zu Folge würde also die Höhe des Luftkreises, so weit sie das Licht zurückwirft, nach Halley $18\frac{1}{7}$, und nach de la Hire $18\frac{2}{7}$ französische Meilen betragen, welches etwas über 8 geographische Meilen ausmacht.

Die Erdkugel, als Planet betrachtet.

Unsere Erdkugel, als Planet betrachtet, bewegt sich jährlich einmal um die Sonne in einer elliptischen Bahn, in deren einem Brennpunkte die Sonne sich befindet. In dieser Bahn wird sie vermöge des newtonischen Systems durch die Anziehung der Weltkörper unter einander etwas gestört, und darin liegt der Grund der beobachteten Ungleichheiten in der scheinbaren Bewegung der Sonne. Man war sonst nicht im Stande, den Lauf der Sonne nur mit erträglicher Richtigkeit in Tafeln zu bringen; seitdem aber die Störungen der Erde in ihrer Bahn mit in Betrachtung gezogen wurden, so war man in der Bearbeitung dieses Gegenstandes weit glücklicher, ein großer Triumph für Newtons System. Aus dieser jährlichen Bewegung der Erde um die Sonne verbunden mit der täglichen Umdrehung derselben um ihre Axe, welche gegen die Erdbahn unter dem fast unveränderlichen Winkel von $23\frac{1}{2}^{\circ}$ geneigt ist, lassen sich alle Erscheinungen der verschiedenen Tageslängen, Sonnenhöhen und Jahrszeiten sehr einfach erklären. In diesen verschiedenen Stellungen der Erde gegen die Sonne muß nothwendig die Einwirkung ihrer Wärme verschieden

seyn,

seyn, wodurch auch schon die Alten veranlaßt wurden, die Erdfläche in verschiedene Climaten, oder verschiedene mit dem Aequator parallele Erdgürtel einzutheilen, indem sie in dem irrigen Wahn standen, daß die Oerter, welche in ein und demselben Clima liegen, gleich warm oder gleich kalt wären. Die neuern physischen Astronomen verwarfen aber mit Recht die alte Eintheilung der Erdflächen in Climaten, und verstanden vielmehr unter dem Ausdruck, Klima, das an einem Orte eigene Verhalten der Witterung in Rücksicht der Wärme und Kälte, der Abwechselungen der Jahrszeiten, Fruchtbarkeit, Feuchtigkeit und Trockenheit der Luft u. s. f. Daß die Hauptverschiedenheiten der Wärme und der Jahrszeiten von der Einwirkung der Sonnenwärme abhangen, mußte dem Beobachter bey Vergleichung der Witterung in den verschiedenen Zonen der Erdfläche sehr deutlich in die Augen fallen. Wie viel Einfluß die Sonne dabey habe, suchte Halley [s]) auf diese Art zu bestimmen. Er geht von dem Grundsatze aus, daß die Wärme eines Landes mit der Zeitdauer der Sonne über dem Horizonte im Verhältnisse steht. Dabey sieht er blos darauf, daß sich die Wirkung eines schiefen Stoßes der einzelnen Sonnenstralen, wie der Sinus des Winkels mit der gestoßenen Fläche verhält. Daher setzt er die augenblickliche Wirkung der Sonne auf einen gewissen Theil der Erdfläche dem Sinus der Sonnenhöhe proportional. Die ganze Summe aller dieser augenblicklichen Wirkungen während eines ganzen Tages findet er, nach der damaligen Gewohnheit, geometrisch durch Ver-

s) Philos. Trans. for the year 1693. p. 878. acta erud. Lips. suppl. T. II. p. 328.

Vergleichung mit der Fläche eines hufförmigen Cylinderabschnitts. Daraus berechnete er das Verhältniß der Wärme verschiedener Himmelsstriche von 10 zu 10 Graden, und fand folgende Resultate:

Breite	Stand der Sonne unter der Linie	im Wendekreise des Krebses	im Wendekreise des Steinbocks
0°	20000	18341	18341
20	18794	21737	13166
40	15321	22948	6944
60	10000	22773	1075
80	3473	24673	000
90	000	25053	000

Hieraus zog Halley diese Folgen:

1. Die Wärme unter der Linie, wenn die Sonne im Scheitel steht, ist zweymal so groß, als das Quadrat des Radius,

2. In den übrigen Zeiten ist sie wie der Sinus der Abweichung,

3. In Ansehung der kalten Zonen findet an den Tagen, wo die Sonne nicht untergeht, eine Hitze statt, welche sich durch das Produkt des Umfanges eines Kreises in den Sinus der Sonnenhöhe über dem Horizonte um 6 Uhr ausdrucken läßt. Bey geringer Breite verhalten sich die Summen der Wärme wie die Sinus der Abweichungen, und bey gleicher Abweichung wie die Sinus der Breiten.

4. Die Wärme eines Tages unter der Linie ist überall wie der Cosinus der Breite.

5. Allemal, wo die Sonne untergeht, ist die Differenz der Sommer- und Winterwärme in den entgegengesetzten Abweichungen gleich dem Produkte eines Krei-

Kreises in den Sinus der Sonnenhöhe um 6 Uhr im Sommerparallele, und diese Differenzen verhalten sich wie die Sinus der Breiten durch die Sinus der Abweichung multiplicirt.

6. Die Hitze am Tage des Sommerstillstandes ist stärker am Pole, als auf irgend einem andern Orte der Erde. Denn sie verhält sich zur Hitze unter der Linie wie 5 : 4.

Halley's Bestimmung hat aber noch viele Fehler, indem er Umstände ausser acht ließ, die einen ungemein großen Einfluß auf die Erwärmung des Bodens haben. Der Herr von Mairan[t]) behandelte diesen Gegenstand schon viel genauer. Er nimmt mit Newton[u]) an, daß die Kraft der Sonne, welche sie äussert um ein Clima zu erwärmen, sich wie ihr Licht verhalte, und daß dieses mit der Dichtigkeit der Menge ihrer Strahlen im Verhältnisse stehe. Darauf bemüht er sich, diese Menge des Lichts in verschiedenen Klimaten im Verhältnisse ihrer Breiten zu bestimmen, und er hat gefunden, daß man vier Umstände in Betrachtung ziehen müsse.

Zuerst muß man auf das Licht der Sonne am Horizonte Rücksicht nehmen. Je mehr sich diese dem Scheitelpunkte eines Ortes nähert, um desto mehr haben die Strahlen derselben eine senkrechte Richtung, und um desto mehr Kraft hat ihre Wärme. Mairan glaubte, daß sich ihre Wärme wie der Sinus der Sonnenhöhe verhalte.

Der zweyte Umstand, welchen Mairan in Betrachtung zieht, beruht auf der Stärke, welche das Licht

t) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris 1719.

u) Princip. lib. III. prop. VIII. coroll. 4.

Licht behält, nachdem es durch die Atmosphäre hindurch gegangen ist; dadurch geht nämlich eine mehr oder weniger Menge Lichtstralen im Verhältnisse der Sinus der Sonnenhöhen verlohren, die sich schwerlich durch Berechnung bestimmen läßt.

Der dritte Umstand betrift die Entfernung der Sonne von der Erde. Da diese nämlich im Winter der Erde näher als im Sommer ist, sich aber im Winter eine kürzere Zeit über unserm Horizonte aufhält, so fand Mairan aus der Vergleichung der Wirkungen gegen einander, daß die Kraft der Sonne zur Zeit der Sommersonnenwende sich zu der, welche sie zur Zeit der Wintersonnenwende hat, wie 800 : 900 oder beynahe wie 14 : 15 verhält.

Der vierte Umstand endlich beruht auf der Länge der Tage, oder der halbtägigen Bogen. Je länger die Sonne über dem Horizonte bleibt, von desto längerer Dauer ist ihre Wirkung. Mairan nimmt sie im Verhältnisse des Quadrats der Zeit an, und da in Paris zur Zeit der Sommersonnenwende die Tage 2mal länger sind, als zur Zeit der Wintersonnenwende, so muß diese Ursache im Sommer 4 mal größer seyn.

Mairan suchte die Wirksamkeit dieser vier Umstände zur Zeit der Sommer- und Wintersonnenwende für die Breite von Paris zu bestimmen, und fand durch einen ohngefähren Ueberschlag das Verhältniß des Sonnensommers zum Sonnenwinter wie 66 : 1. Hierauf untersucht nun Mairan weiter, welche wirkliche Verschiedenheit zwischen dem wahren Sommer und dem wahren Winter statt finde. Amontons [v]) hatte nämlich vermittelst seines Luftthermometers gefunden, daß sich die wirkliche Wärme zu Paris am läng-

v) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. an. 1702.

längsten und kürzesten Tage wie 8 : 7 verhalte. Diese große Abweichung erklärt Mairan aus einer bleibenden Grundwärme der Erde, welche sich zu der von der Sonne im Winter erregten Wärme wie 393 : 1 verhalte. Daraus findet er also die wirkliche Wärme des Sommers zu der des Winters wie 393 + 66 : 393 + 1 d. i. wie 459 : 394 oder beynahe wie 8 : 7. Diese bleibende Grundwärme der Erde leitet Mairan von der Einwirkung der Sonnenwärme ab. Er glaubt nämlich, die Erde sey anfänglich flüssig gewesen, und durch eine Reihe von Jahrhunderten vermöge der Sonnenhitze auf der Oberfläche gehärtet. Dies sey wegen der Ungleichheit der Sonnenwärme auf eine sehr ungleiche Art geschehen, und daher die Ausbreitung der eingeschlossenen Wärme durch die Verhärtung der Rinde in der heissen Zone weit stärker, als gegen die Pole zu, verhindert worden. Daher die Grundwärme um den Aequator am stärksten sey.

Meynungen über die Entstehung und Bildung der Erde.

Von der Entstehung und Bildung unserer Erde hat man überaus viele Hypothesen aufgestellt. Die meisten aber beruhen auf Voraussetzungen, die sich auf gewisse Lieblingsideen gründen, und dem Geiste keine Schranken setzen, dasjenige durch Phantasien auszufüllen, was wirkliche Thatsachen nicht an die Hand geben können.

Thomas Burnet [w]) glaubt, daß die vom Moses erzählte Schöpfungsgeschichte unsere Erde allein angehe, welche lange nach der übrigen Welt erst her-

w) Telluris theoria sacra, orbis nostri originem et mutationes, quas jam subiit aut subiturus est, complectens. Lond. 1681. 4.

hervorgebracht sey. Anfänglich habe unsere Erde die Gestalt eines flüssigen Chaos von allerley Materien als ein verworrenes Gemisch gehabt, wovon die gröbsten und schwersten niedergesunken seyn, und den Kern der Erde ausgemacht haben. Die leichtern Theile hätten sich wieder in zwey andere Lagen begeben, die gröbern hätten sich nämlich um den Kern der Erde gelegt, und das Wasser gebildet, die leichtesten aber wären aufgestiegen, und hätten die Luft ausgemacht. Die Luft selbst hätte noch viele grobe irdische Theile enthalten, und sey daher dunkel gewesen; nachdem aber diese Theile herabgefallen wären, so hätten sie nicht allein der Luft ihre Durchsichtigkeit gegeben, sondern sie hätten sich auch mit den ölichten Theilchen auf der Oberfläche der Erde verbunden, und auf diese Weise die obere Erdrinde gebildet. So war nun die Erde eben, ohne Meer und ohne Berg, ohne Wechsel der Jahrszeiten u. s. f. Nach 1600 Jahren aber war die Erdrinde so ausgetrocknet, daß sie nunmehr zu reißen anfieng, und in Stücken zerbrach, welche sich in das Wasser hinabstürzten, und zugleich eine Menge Luft mit sich nahmen, wodurch das Wasser desto mehr empor stieg, und so die mosaische Sündfluth verursachte. Nachher fand das Wasser Abflüsse in unterirdischen Hölen, und verließ daher einen Theil der eingestürzten Erdrinde, wodurch die Unebenheiten, als Thäler mit abwechselnden Bergen, entstunden, welche gleichsam die Trümmern der eingestürzten Erdrinde vorstellten. Daher erhielt nun die Erde die jetzige Gestalt. Diese Hypothese hat schon Keill sehr gründlich widerlegt [w]).

Nach

w) Examen theoriae telluris a Burneto editae. Oxon. 1698. 8.

Nach John Ray [x]) wurden die schwerern festern Theile im anfänglichen Chaos abgesondert, sie senkten sich in die Tiefe, und vereinigten sich zu einem Ganzen, das mit Wasser umgeben war. Es seyn nämlich bey der Schöpfung durch unterirdische Dünste und Winde Erdbeben entstanden, wodurch Berge und das trockene Land empor gekommen wäre, und das Wasser in Vertiefungen sich zusammen gesammlet habe. Aus den Spalten der Erdrinde, welche daher entstanden wären, sey unterirdisches Feuer hervorgebrochen, welches neue Vulkane bewirkt, und Hölen in der Tiefe verursacht habe. Die Sündfluth sey eine natürliche Folge von einer geringen Verruckung des Schwerpunktes der Erde gewesen, und habe auf der Erdfläche große Veränderungen nach sich gezogen, indem sie Länder aufs Trockene gebracht hätte, welche sonst Meergrund gewesen wären.

Der Herr von Leibnitz [y]) ist der Meynung, daß unsere Erde aus einem geschmolzenen und ausgebrannten Körper entstanden sey. Nach dem Verlöschen habe sich das Licht abgesondert, und das sey der Anfang der Schöpfung. Die durch die Hitze verglaseten Schlacken machten die Erdrinde aus, in welcher beym Erkalten Blasen und Erhöhungen d. i. Hölen und Berge entstanden. Nachdem nun die Oberfläche erkaltet war, so fielen die Dünste aus der Atmosphäre herab,

x) Physico-theological discourses concerning the primitive chaos, the general deluge and the dissolution of the world. Lond. 1692. 1713. 8. übers. von Theodor Arnold. Leipz. 1732.

y) Protogaea s. de prima facie telluris et antiquissimae historiae vestigiis in ipsis naturae monumentis diss. in act. erud. Lips. 1693. p. 40.

herab, und bedeckten dadurch die Erde als Wasser, welches die Salze auflösete. Nachdem die Erde sich noch mehr abkühlte, entstanden große Risse in der Erdrinde, wodurch das Wasser zum Theil ablief, und daher Länder zu Wohnplätzen der Menschen entstanden. Nachher stürzten sich die höchsten Theile, welche schon mit Wasser bedeckt, und daher mit Conchylien angefüllt waren, auf einmal nieder, fielen in die mit Wasser bedeckten Tiefen, welches nun zum zweytenmale hervordrang, und die Erde überschwemmte, bis sich wieder neue Hölungen öfneten, in welche das übrige Wasser abfloß.

Nach John Woodward [z]) war unsere Erde eine Wasserkugel, welche eine harte Rinde umgab. Die Sündfluth erklärt er als Wunder. Er nimmt nämlich an, daß der Schöpfer auf einmal die Schwere und den Zusammenhang aufgehoben habe, wodurch sich alles auflösete; nur allein die Thiere blieben wegen der Verflechtung ihrer Fibern von der allgemeinen Auflösung befreyt. Nachher, meint er, sey die Schwere wieder gekommen, worauf die verschiedenen Materien nach ihren specifischen Gewichten niedergesunken wären, und verschiedene Schichten gebildet hätten, in welche sich zugleich die unorganisirten Theile mit hinbegeben hätten. Diese neue Rinde zerbrach abermals von neuem an verschiedenen Stellen, wodurch das überflüssige Wasser ablaufen konnte, und Erhöhungen und Vertiefungen auf der Erdfläche entstanden.

D. Hooke [a]) sucht die Veränderung der Erdfläche aus den Erdbeben abzuleiten. Durch ihre Wirkungen seyn

z) Historia natur. telluris. Lond. 1695. 8.

a) Posthumous Works. Lond. 1707. fol.

seyn beträchtliche Theile der Erde aus dem Meergrunde empor gehoben, ohne daß ihre Schichten und die darauf befindlichen Berge auf irgend eine Weise wären verlezt worden. Außerdem könne auch die Oberfläche der Erde durch reißende Wasserströme, Sturmwinde, und allmähliges Herabsinken der schweren Theile eine Aenderung erlitten haben. Nach seiner Meynung soll die Erde besonders durch das Erdbeben in Ansehung ihres Schwerpunktes verruckt seyn, wodurch die Erde eine ganz andere Richtung in der Bewegung um ihre Axe erhalten habe.

William Whiston b) glaubt, daß die Erde vor der Schöpfung oder Umwandlung, welche vom Moses erzählt wird, ein wüstes Chaos, also ein ausgebrannter Komet gewesen sey, aus welchem die Erde in sechs Jahren, so wie sie jetzt ist, ausgebildet worden. Nach ihm gab Gott der Erde die bestimmte Laufbahn, und es senkten sich nun die Theile des Schweifes gegen den Kern, welchen Erde, Wasser und Luft umgaben. Die schwersten Theile der Erde sanken am tiefsten. Wegen des geschwinden Sinkens erhielt die Erdrinde eine ungleiche Dicke, und die schwersten Theile sanken tiefer; daher entstanden Erhöhungen und Vertiefungen auf der Erdfläche, in welchen leztern sich zum Theil das Wasser sammlete, der andere Theil aber Thäler, Hölen, Plänen u. s. f. bildete. Nach und nach reinigte sich auch die Luft von Dünsten, so daß im dritten Jahre durch die Wirkung der Sonnenwärme Pflanzen wuchsen, im vierten Jahre die Gestirne hervorkamen, und im fünften und sechsten Jahre Thiere und Menschen geschaffen wurden. Nach 600 Jahren näherte sich ein anderer Komet der Erde,

b) A new theory of the earth. Cambridge 1708. 8.

Erde, dessen Schweif sich in Regengüssen herabstürzte; dadurch erhob sich an mehreren Stellen das Wasser, und es entstanden die großen Bergketten. Nachdem sich nun dieser Komet von der Erde wieder entfernte, so wurde das Wasser theils durch die entstandenen Tiefen und Höhen abgeleitet, theils sammlete es sich aber in eine Hauptvertiefung, welche das Meer bildete. Nun vertrockneten aber zum Theil die Landseen, und ließen daher auf dem festen Lande Schaalthiere zurück.

Johann Scheuchzer [c]) stellt sich vor, daß die Erde aus einer trüben und ungleichartigen flüssigen Materie gemacht sey, deren verschiedene ungleich schwere Theile sich nach den Gesetzen der Schwere von einander abgesondert und in cirkelförmigen Lagen gesetzt hätten, deren allgemeiner Mittelpunkt der Mittelpunkt der Erde wäre, und diese Absonderung selbst hätte die Flüssigkeit aufgehoben. Da aber die Berge den Begriff von der Flüssigkeit der Erde ganz aufzuheben schienen, indem sich das Flüssige in wagrechte und parallele Lagen setze, so nahm er an, daß nach einer allmählichen Bildung der Erde durch Niedersinken im Wasser, und nach einer zweyten Ueberschwemmung der Schöpfer durch seine Allmacht die steinigen Schichten der Erde empor gehoben und verschoben habe, wodurch die Berge mit parallelen, aber nicht horizontalen Schichten entstanden, und die Gewässer wieder in die Vertiefungen zurückgetreten wären. Um einen neuen Einsturz zu verhüten, habe Gott dazu die am meisten steinigten Gegenden, wie die Schweiz, gewählt.

c) Histoire de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1708.

Ver-

Verzeichniß der Naturforscher, welche im zweyten Theile vorkommen.

Italien.

Blanchini (Franz.) (geb. 1662. gest. 1729.)

Cabäus (Nicol.) (geb. 1585. gest. 1650.)

Campani (Joseph) (lebte im 17ten Jahrhund.)

Crescentius (Bartholomäus) (lebte im 17ten Jahrh.)

Dechales (Claud. Franz Milet) (geb. 1611. gest. 1678.)

de Dominis (Marcus Anton) (gest. 1624.)

de Divinis (Eustachio) (lebte im 17ten Jahrh.)

Fabricius ab Aquapendente (Hieronymus) (geb. 1537. gest. 1619.)

Guglielmini (Dominigo) (geb. 1655. gest. 1710.)

Grimaldi (Franz Maria) (gest. 1663).

Kircher (Athanasius) (geb. in Deutschl. 1602. gest. 1693.)

de Lana (Franz.) (geb. 1631. gest. 1687.)

Licetti (Fortunio) (geb. 1577. gest. 1656.)

Maginus (Johann Anton) (geb. 1555. gest. 1617.)

Malvasia (lebte im 17ten Jahrh.)

Manfredi (Eustachio) (gest. 1739.)

de Marsigli (Ludov. Ferdinand) (geb. 1658. gest. 1730.)

Mastrius (Bartholomäus) (lebte zwischen 1559 und 1600)

Poleni (Johann) (lebte am Ende des 17ten Jahrh.)

Ramazzini (Bernardinus) (geb. 1633. gest. 1714.)

Resta (Franciscus) (lebte im 17ten Jahrh.)

Riccioli (Johann Baptista) (geb. 1598. gest. 1671.)

Rizetti (Johann) (lebte im 17ten Jahrh.)

Septala (Manfredus) (gest. 1680.)

Frankreich.

Amontons (Willhelm) (geb. 1663. gest. 1705.)

Auzout (Adrian) (lebte im 17ten Jahrh.)

Borel (Peter) (geb. 1620. gest. 1686.)

Carré (Ludwig) (geb. 1663. gest. 1711.)

Cassegrain (lebte in der Mitte des 17ten Jahrh.)

Cassini (Dominicus) (geb. in Ital. 1635. gest. 1717.)

Cassini (Jakob) (geb. 1677. gest. 1756.)

Clerselier (geb. 1614. gest. 1686.)

du

du Clos (Dominicus) (geb. 1597. gest. 1684.)

Dalencé (lebte im 17ten Jahrh.)

Descartes (Renat) (geb. 1596. gest. 1650.)

Dodart (Dionysius) (geb. 1634. gest. 1707.)

Fabri (Honoratus) (geb. 1607.)

du Fay (Carl Franc. de Cisternay) (geb. 1672. gest. 1731.)

Fermat (gest. 1665.)

Feuillée (Caspar) (lebte noch zu Anfange des 18ten Jahrh.)

von Fontenelle (Bernard le Bovier) (geb. 1657. gest. 1757.)

Gassendi (Peter) (geb. 1592. gest. 1655.)

Geoffroy (Stephan Franc.) (geb. 1672. gest. 1731.)

de la Hire (Philipp) (geb. 1640. gest. 1718.)

de la Hire (Philipp der Sohn) (geb. 1677. gest. 1719.)

de l'Hopital (lebte im 17ten Jahrh.)

des Hayes (lebte im 17ten Jahrh.)

Lemery (Nicolaus) (geb. 1645. gest. 1715.)

de l'Isle (Joseph Nicolaus) (geb. 1688. gest. 1768.)

de Louville (Eugen) (gest. 1732.)

Maignan (Emanuel) (geb. 1601. gest. 1676.)

von Mairan (Dortous) (lebte in der ersten Hälfte des 18ten Jahrh.)

Malebranche (geb. 1638. gest. 1715.)

Maraldi (Jakob Philipp) (geb. 1665. gest. 1729.)

Mersenne (Marin) (geb. 1588. gest. 1648.)

Ozanam (Jakob) (geb. 1640. gest. 1717.)

Papin (Dionysius) (flor. am Ende des 17ten und Anf. des 18ten Jahrh.)

Parent (Anton) (geb. 1666. gest. 1716.)

Pecquet (Johann) (lebte im 17ten Jahrh.)

Perrault (Claudius) (geb. 1613. gest. 1688.)

Petit (Peter) (geb. 1598. gest. 1667.)

Picard (Johann) (gest. 1685.)

de Plantade (lebte im 17ten Jahrh.)

Richer (lebte im 17ten Jahrh.)

Rohault (Jakob) (gest. 1675. im 56ten Jahr. s. A.)

Sauveur (Joseph) (geb. 1653. gest. 1716.)

Sebastien (lebte im 17ten Jahrh.)

Sedileau (lebte im 17ten Jahrh.)

Varignon (Peter) (geb. 1654. gest. 1722.)

Villemot (Philipp) (geb. 1650. gest. 1713.)

Vilette (lebte im 17ten Jahrh.)

England.

Barrow (Isaak) (geb. 1630. gest. 1677.)

Beal (Bartholomäus) (lebte um den Anfang des 18ten Jahrh.)

Berkley (Georg) (geb. 1684. gest. 1753.)

Boyle (Robert) (geb. 1625. gest. 1691.)

Bradley (Jakob) (geb. 1692. gest. 1762.)

Brown (Eduard) (lebte im 17ten Jahrh.)

Burnet (Thomas) (gest. 1715.)

Childrey (Johann) (lebte im 17ten Jahrh.)

Colepreß (Samuel) (lebte im 17ten Jahrh.)

Cotes

Cotes (Roger) (geb. 1682. gest. 1716.)

Derham (Willhelm) (geb. 1657. gest. 1735.)

Desaguliers (Johann Theophilus) (geb. in Frank. 1680. gest. 1740.)

Flamstead (Johann) (geb. 1644. gest. 1720.)

Garden (lebte im 17ten Jahrh.)

Gascoigne (Willhelm) (gest. 1644.)

Gregory (David) (gest. 1708.)

Gregory (Jakob) (gest. 1675.)

Halley (Edmund) (geb. 1656. gest. 1725.)

Hauton (lebte im 17ten Jahrh.)

Hawksbie (Francis.) (lebte in der erst. Hälfte des 18ten Jahrh.)

Henschaw (lebte im 17ten Jahrh.)

Hooke (Robert) (geb. 1636. gest. 1703.)

Jurin (Jakob) (gest. 1750.)

Keill (Johann) (gest. 1721.)

Lister (Martin) (lebte am Ende des 17ten Jahrh.)

Neille (Paul) (geb. 1637. gest. 1670.)

Newton (Isaak) (geb. 1642. gest. 1726.)

Norwood (Richard) (lebte im 17ten Jahrh.)

Pemberton (im 17ten Jahrh.)

Pound (im 17ten Jahrhund.)

Ray (Johann) (geb. 1628. gest. 1705 oder 1706.)

Sellers (lebte im 17ten Jahrhund.)

Sinclar (Georg) (lebte um 1668.)

Taylor (Brook) (lebte im 17ten Jahrh.)

Varenius (Bernhard) (lebte in der ersten Hälfte des 17ten Jahrh.)

Whiston (Willhelm) (im 17ten Jahrh.)

Woodward (Johann) (geb. 1665. gest. 1728.)

Deutschland.

Becher (Johann Joachim) (geb. 1645.)

Bülfinger (geb. 1693. gest. 1750.)

Dörfel (Georg Samuel) (gest. 1688.)

Eimmart (Georg Christoph) (geb. 1638. gest. 1705.)

von Guericke (Otto) (geb. 1602. gest. 1684.)

Haas (Johann Matthias) (geb. 1684. gest. 1742.)

Heinrich (Christoph) (zu Anf. des 18ten Jahrh.)

Homberg (Willhelm) (geb. zu Batavia 1652. gest. 1715.)

Kirch (Christfried) (geb. 1694. gest. 1740.)

von Leibnitz (Gottfried Willhelm) (geb. 1646. gest. 1716.)

Leupold (Jakob) (geb. 1674. gest. 1727.)

Liefmann (Friedrich) (lebte zu Anf. des 18ten Jahrh.)

Moretus (Theodor) (geb. 1602. gest. 1667.)

Morhoff (Daniel Georg) (geb. 1639. gest. 1691.)

Reyher (Samuel) (geb. 1635. gest. 1714.)

Scheiner (Christ.) (geb. 1575. gest. 1650.)

Schelhammer (Günther Christoph) (geb. 1638. gest. 1705.)

Schwenter (Daniel) (geb. 1585. gest. 1636.)

Schyrläus de Rheita (Anton Maria) (lebte im 17ten Jahrh.)

Sylvius de la Boë (geb. 1614. gest. 1672.)

Sturm (Johann Christ.) (geb. 1635. gest. 1703.)
Valvasor (Johann Weichard) (geb. 1639. gest. 1693.)
Wolff (Christian) (geb. 1679.)
Wurzelbau (Johann Philipp) (geb. 1651. gest. 1725.)

Niederlande.

Fromond (Libertus) (geb. 1587. gest. 1653.)
s'Gravesande (Willhelm Jakob) (geb. 1688. gest. 1742.)
Hartsocker (Nicolaus) (geb. 1656. gest. 1725.)
van Helmont (geb. 1577. gest. 1644.)
Huygens (Christian) (geb. 1624. gest. 1695.)
Leuwenhoek (Anton) (geb. 1632. gest. 1723.)
van Musschenbroek (Johann) (lebte zu Anf. des 18ten Jahrh.)
Sengwerd (Wolferd) (lebte zu Ende des 17ten Jahrh.)
de Volder (Burkard) (geb. 1643. gest. 1709.)
Vossius (Isaak) (geb. 1618. gest. 1689.)

Dännemark.

Bartholini (Erasmus) (geb. 1625. gest. 1698.)
Bartholini (Thomas) (geb. 1616. gest. 1663.)
Borrichius (Olaus) (geb. 1626. gest. 1690.)
Horrebow (Peter) (geb. 1679. gest. 1764.)
Römer (Olaf) (geb. 1644. gest. 1710.)

Schweiz.

Bernoulli (Jakob) (geb. 1644. gest. 1705.)
Bernoulli (Johann) (geb. 1667. gest. 1747.)

Fatio de Duillier (Nicolaus) (lebte im Anf. des 18ten Jahrh.)

Hermann (Jakob) (geb. 1678. gest. 1733.)

Polen.

Hevel (Johann) (geb. 1611. gest. 1687.)

Spanien.

Vallesius (Franciscus) (lebte im 17ten Jahrh.)

TAB. I.

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY

ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS
R L

Digitized by Google

SEP 14 1934

Digitized by Google